Tópico 3

1 (Vunesp-SP) Nas últimas décadas, o cinema tem produzido inúmeros filmes de ficção científica com cenas de guerras espaciais, como *Guerra nas estrelas*. Com exceção de *2001, uma odisseia no espaço*, essas cenas apresentam explosões com estrondos impressionantes, além de efeitos luminosos espetaculares, tudo isso no espaço interplanetário.

a) Comparando *Guerra nas estrelas*, que apresenta efeitos sonoros de explosão, com *2001, uma odisseia no espaço*, que não os apresenta, qual deles está de acordo com as leis da Física? Justifique.

b) E quanto aos efeitos luminosos que todos apresentam? Justifique.

Respostas: a) *2001, uma odisseia no espaço*, pois o som (onda mecânica) não se propaga no espaço interplanetário. b) Os efeitos luminosos estão de acordo com a Física porque a luz (onda eletromagnética) se propaga no espaço interplanetário.

2 **E.R.** Uma fonte sonora emite um som com 440 Hz de frequência à beira de um lago. Nas condições em que o ar se encontra, o som se propaga nele a 352 m/s. Na água, sua velocidade de propagação é de 1 496 m/s, aproximadamente. Calcule o comprimento de onda do som dessa fonte:

a) no ar;

b) na água.

Resolução:

a) Sendo f = 440 Hz e v = 352 m/s, e lembrando que $v = \lambda f$, temos:

$$v = \lambda f \Rightarrow 352 = \lambda \cdot 440 \Rightarrow \boxed{\lambda = 0{,}80 \text{ m}}$$

b) Como você já sabe, a frequência de uma onda não se altera quando ela passa de um meio para outro (refração). Então, na água temos f = 440 Hz e v = 1 496 m/s:

$$v = \lambda f \Rightarrow 1\,496 = \lambda \cdot 440 \Rightarrow \boxed{\lambda = 3{,}4 \text{ m}}$$

3 Um ser humano com boa audição é capaz de ouvir vibrações acústicas entre 20 Hz e 20 000 Hz aproximadamente. Considerando a velocidade do som no ar igual a 340 m/s, determine os comprimentos de onda do som mais grave (mais baixo) e do som mais agudo (mais alto) que ele consegue ouvir.

Resolução:

$$\lambda = \frac{v}{f}\begin{cases}\lambda_{maior} = \dfrac{340}{20} \Rightarrow \boxed{\lambda_{maior} = 17 \text{ m}} \text{ (som mais grave)}\\[2ex] \lambda_{menor} = \dfrac{340}{20\,000} \Rightarrow \boxed{\lambda_{menor} = 7 \text{ mm}} \text{ (som mais agudo)}\end{cases}$$

Respostas: 17 m e 17 mm, respectivamente.

4 Durante um *show* à beira do mar, uma guitarra emite uma onda sonora que se propaga no ar com velocidade **v**, comprimento de onda **λ** e frequência **f**. Essa onda penetra na água, onde se propaga com velocidade **v´**, comprimento de onda **λ'** e frequência **f´**. Sabendo que **v´** é maior que **v**, compare **λ'** com **λ** e **f´** com **f**.

Resolução:

λ' é maior que **λ** e **f'** é igual a **f**.

Resposta: $\lambda' > \lambda$, $f' = f$

5 Os morcegos emitem ultra-sons. O menor comprimento de onda produzido no ar pela maioria dos morcegos é aproximadamente igual a $33 \cdot 10^{-4}$ m. Considerando a velocidade do som no ar igual a 330 m/s, qual a frequência mais elevada que esses morcegos podem emitir?

Resolução:

$$f_{máx} = \frac{v}{\lambda_{mín}} = \frac{330}{33 \cdot 10^{-4}} \Rightarrow \boxed{f_{máx} = 100 \text{ kHz}}$$

Resposta: 100 kHz

6 Julgue as afirmações a seguir:

I. Todo som alto tem grande intensidade.
II. Sons baixos são aqueles que têm pequena intensidade.
III. Quanto maior a frequência de um som, mais alto ele é.
IV. A diferença entre um som forte e um som fraco está na frequência.

É (são) correta(s):

a) todas.
b) somente a I e a II.
c) somente a III e a IV.
d) somente a III.
e) somente a I, a II e a IV.

Resposta: d

7 Quais as frequências dos sons uma oitava acima e uma oitava abaixo de um som de 400 Hz?

Resolução:

Uma oitava acima: $f = 2 \cdot 400 \Rightarrow \boxed{f = 800 \text{ Hz}}$

Uma oitava abaixo: $f = \dfrac{400}{2} \Rightarrow \boxed{f = 200 \text{ Hz}}$

Respostas: 800 Hz e 200 Hz respectivamente.

8 Uma pequena fonte sonora de potência constante emite ondas esféricas que são recebidas com intensidade **I** por um observador. Se esse observador se afastar da fonte até dobrar a distância até ela, com que intensidade **I´** passará a receber as ondas emitidas pela citada fonte? Suponha que o meio de propagação não absorva energia das ondas.

Resolução:

$$I = \frac{Pot}{4\pi x^2}$$

Se **x** dobrar, a intensidade sonora ficará reduzida a $\frac{1}{4}$ do valor anterior:

$I' = \frac{I}{4}$.

Resposta: $I' = \frac{I}{4}$

9 Considere que uma pessoa só percebe o eco de sua voz quando o intervalo de tempo decorrido entre a emissão da voz e a recepção do som refletido em algum obstáculo é, no mínimo, igual a 0,10 s. A figura representa uma pessoa a uma distância **d** de um paredão:

Considerando igual a 340 m/s a velocidade do som no ar:

a) calcule o mínimo valor de **d** para a pessoa perceber o eco de sua voz;

b) calcule a distância **d** no caso de a pessoa ouvir o eco 2,0 s após a emissão de sua voz.

Resolução:

a) $v = \frac{2d}{\Delta t} \Rightarrow 340 = \frac{2d}{0{,}10} \Rightarrow \boxed{d = 17\text{ m}}$

b) $v = \frac{2d}{\Delta t} \Rightarrow 340 = \frac{2d}{2{,}0} \Rightarrow \boxed{d = 340\text{ m}}$

Respostas: a) 17 m; b) 340 m

10 Uma roda, contendo em sua borda 20 dentes regularmente espaçados, gira uniformemente dando 5 voltas por segundo. Seus dentes se chocam com uma palheta produzindo sons que se propagam no ar a 340 m/s.

a) Qual a frequência do som produzido?

b) Qual o comprimento de onda do som produzido?

Resolução:

a) f = nº de choques por unidade de tempo

$f = 5 \cdot 20$ choques/s $\Rightarrow \boxed{f = 100\text{ Hz}}$

b) $v = \lambda f \Rightarrow 340 = \lambda\ 100 \Rightarrow \boxed{\lambda = 3{,}4\text{ m}}$

Respostas: a) 100 Hz; b) 3,4 m

11 No ar, a uma temperatura de 15 °C, um diapasão emite um som que se propaga com velocidade v_1 igual a 340 m/s. Esse som penetra em uma câmara frigorífica, onde o ar está a –1 °C, passando a se propagar com velocidade v_2 aproximadamente igual a 330 m/s.

Ao passar do ar a 15 °C para o ar a –1 °C, determine a variação percentual:

a) da frequência do som;

b) do comprimento de onda do som.

Resolução:

a) O som sofreu refração e, como sabemos, sua frequência não se altera nesse fenômeno.
Assim, a variação percentual da frequência é 0%.

b) $v = \lambda f \begin{cases} 340 = \lambda_1 f \\ 330 = \lambda_2 f \end{cases} \Rightarrow \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = 0{,}97 \Rightarrow \lambda_2 = 0{,}97\ \lambda_1$

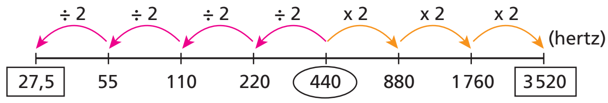
$\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1 = 0{,}97\ \lambda_1 - \lambda_1 = -0{,}03\ \lambda_1 \Rightarrow -3\%$ de λ_1

Assim, o comprimento de onda sofreu uma redução de 3%.

Respostas: a) 0%; b) Redução de 3%.

12 A nota **lá**-padrão tem frequência igual a 440 Hz. Num piano, é possível atingir três oitavas acima e quatro oitavas abaixo dessa nota. Calcule, então, as frequências mínima e máxima das notas **lá** desse instrumento.

Resolução:



Respostas: 27,5 Hz e 3 520 Hz respectivamente.

13 E.R. Para que uma pessoa sem problemas auditivos consiga ouvir um som, ele precisa ter uma intensidade de, no mínimo, 10^{-12} W/m². Considere um violino que gera cerca de 50 µW e suponha que o som, ao se propagar pela atmosfera, não sofra dissipação de energia. Determine a máxima distância possível de um observador para que ele ainda possa ouvir os sons desse violino. Admita que esses sons se propagam esfericamente.

Resolução:

Considerando a onda sonora esférica, sua intensidade varia com a distância (**x**) da fonte emissora de acordo com a relação:

$$I = \frac{Pot}{4\pi\, x^2},$$

em que Pot é a potência da fonte emissora.

Assim, sendo $I = 10^{-12}$ W/m², Pot = 50 µW = $50 \cdot 10^{-6}$ W e $\pi = 3{,}14$, temos:

$$10^{-12} = \frac{50 \cdot 10^{-6}}{4 \cdot 3{,}14 \cdot x^2} \Rightarrow \boxed{x \simeq 2 \cdot 10^3\text{ m}}$$

Portanto, se não houvesse fatores de dissipação de uma onda sonora, uma pessoa poderia ouvir os sons emitidos pelo violino a 2 km dele.

14 A menor intensidade sonora que uma pessoa de audição normal pode perceber é de 10^{-16} W/cm² e a máxima que ela suporta é de 10^{-4} W/cm², quando já começa a sentir dor. Uma fonte sonora de pequenas dimensões emite som que um bom ouvinte percebe até uma distância de, no máximo, 100 km. Determine, desprezando dissipações na propagação e considerando $\pi = 3$:

a) a potência sonora da fonte;

b) a distância da pessoa à fonte, quando ela começa a sentir dor.

Resolução:

a) $I_{mín} = 10^{-16}$ W/cm² $= 10^{-12}$ W/m²

$x_{máx} = 10^5$ m

$I_{mín} = \frac{Pot}{4\pi\, x^2_{máx.}} \Rightarrow Pot = 10^{-12} \cdot 4\pi \cdot 10^{10}$

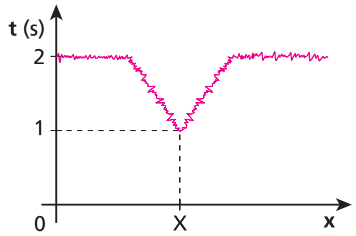
$\boxed{Pot = 0{,}12\text{ W}}$

b) $I_{máx} = 1$ W/m²

$I_{máx} = \frac{Pot}{4\pi\, x^2_{máx.}} \Rightarrow 1 = \frac{0{,}12}{12\, x^2_{mín.}} \Rightarrow \boxed{x_{mín} = 10\text{ cm}}$

Respostas: a) 0,12 W; b) 10 cm

15 (FCC-SP) Para traçar o relevo do fundo do mar, um navio emite, verticalmente, pulsos sonoros e registra o intervalo **t** de tempo entre o instante de emissão do pulso e o de recepção do pulso refletido. A velocidade do som na água é de 1,5 km/s.



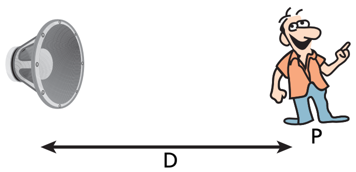
O gráfico mostra a duração de **t**, em função da posição **x** do navio, que navegava em linha reta. A partir dessas informações, pode-se concluir, corretamente, que na posição **X** havia:

a) um vale submarino, cujo fundo estava a 1,5 km do nível do mar.
b) um vale submarino, cujo fundo estava a 3,0 km do nível do mar.
c) um vale submarino, cujo fundo estava a 4,5 km do nível do mar.
d) uma montanha submarina, cujo pico estava a 0,75 km do nível do mar.
e) uma montanha submarina, cujo pico estava a 1,5 km do nível do mar.

Resolução:
Na posição **X**, o sinal vai ao fundo e volta em 1 s, percorrendo uma distância total de 1,5 km. Essa posição corresponde a uma montanha submarina, cujo pico encontra-se a 0,75 km do nível do mar.

Resposta: d

16 (Fuvest-SP) Um alto-falante fixo emite um som cuja frequência **F**, expressa em Hz, varia em função do tempo **t** na forma F (t) = 1 000 + 200t. Em determinado momento, o alto-falante está emitindo um som com uma frequência F_1 = 1 080 Hz.
Nesse mesmo instante, uma pessoa **P**, parada a uma distância D = 34 m do alto-falante, está ouvindo um som com uma frequência F_2, aproximadamente, igual a:



a) 1 020 Hz.
b) 1 040 Hz.
c) 1 060 Hz.
d) 1 080 Hz.
e) 1 100 Hz.

Velocidade do som no ar ≈ 340 m/s

Resolução:
- $F_1 = 1\,000 + 200\, t_1$
  $1\,080 = 1\,000 + 200\, t_1 \Rightarrow t_1 = 0{,}4\text{ s}$
- No instante t_1 = 0,4 s, a pessoa está ouvindo um som de frequência F_2, que foi emitido no instante $t_2 = t_1 - \Delta t$, em que Δt é o intervalo de tempo para esse som se propagar do alto-falante até ela, percorrendo uma distância de D = 34 m:
  $v = \frac{D}{\Delta t} \Rightarrow 340 = \frac{34}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = 0{,}1\text{ s}$
  $t_2 = t_1 - \Delta t = 0{,}4 - 0{,}1 \Rightarrow t_2 = 0{,}3\text{ s}$
- No instante t_2 = 0,3 s, a frequência do som emitido é:
  $F_2 = 1\,000 + 200\, t_2 = 1\,000 + 200 \cdot 0{,}3$
  $\boxed{F_2 = 1\,060\text{ Hz}}$

Resposta: c

17 (Uepa) Para detectar o relevo do fundo de rios, o sonar pode ser utilizado gerando uma imagem acústica do fundo. Considere que o sonar pode ser representado por uma fonte pontual que produz onda esférica e registra o eco em um receptor localizado praticamente na mesma posição da fonte. A **Figura 1** representa um levantamento de dados de sonar em uma região de leito plano e inclinado, nas posições **1** e **2** do navio. Os intervalos de tempo entre a emissão e a recepção do eco, para duas posições da fonte, estão representados na **Figura 2**. Neste experimento, as leis da óptica geométrica descrevem precisamente o comportamento das frentes de ondas sonoras.

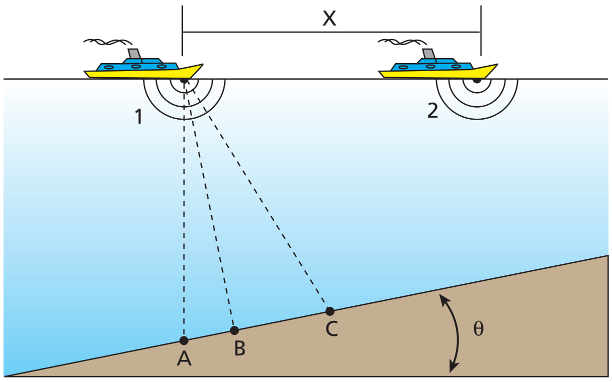


Figura 1

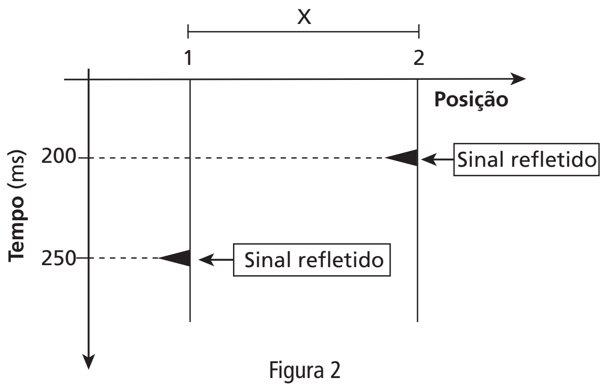


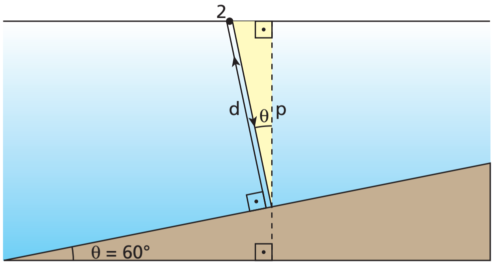
Figura 2

Nessas condições responda:

a) Quando a fonte está na posição **1**, qual dos pontos indicados sobre o leito do rio pode ser considerado responsável pelo eco registrado no receptor? Justifique sua resposta.
b) Considere que a velocidade do som na água é 1 500 m/s e que o ângulo **θ** é de 60°. Nessas condições, determine a profundidade do ponto sobre o leito do rio onde ocorre a reflexão do sinal detectado quando o navio se encontra na posição **2**.

Resolução:
a) Ponto **B**, porque o raio de onda que incide normalmente ao leito reflete-se sobre si mesmo, retornando ao ponto de emissão (ângulo de incidência = ângulo de reflexão = 0°).

b) $v = 1\,500$ m/s, $\Delta t = 200$ m s = 0,2 s



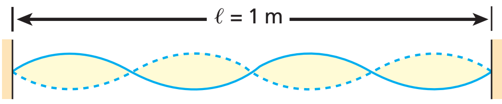
$$v = \frac{2d}{\Delta t} \Rightarrow 1\,500 = \frac{2d}{0,2} \Rightarrow d = 150 \text{ m}$$

No triângulo destacado:

$$\cos\theta = \frac{p}{d} \Rightarrow \cos 60° = \frac{p}{150} \Rightarrow \boxed{p = 75 \text{ m}}$$

Respostas: a) Ponto B; b) 75 m

18 E.R. Uma corda esticada entre duas paredes vibra como mostra a figura:



Sabendo que a velocidade de propagação do som no ar é $v_s = 340$ m/s e que a velocidade de propagação de ondas transversais na corda é $v_c = 500$ m/s, determine:

a) a frequência do som emitido pela corda;
b) o comprimento de onda do som emitido pela corda;
c) a frequência do som fundamental que essa corda pode emitir.

Resolução:

a) Lembrando que a distância entre dois nós consecutivos é igual à metade do comprimento de onda, temos, para as ondas na corda:

$$\ell = 4\frac{\lambda_c}{2} \Rightarrow 1 = 4\frac{\lambda_c}{2} \Rightarrow \lambda_c = 0,5 \text{ m}$$

$$v_c = \lambda_c f \Rightarrow 500 = 0,5\, f \Rightarrow \boxed{f = 1\,000 \text{ Hz}}$$

Essa é a frequência de vibração da corda e, consequentemente, a frequência do som emitido.

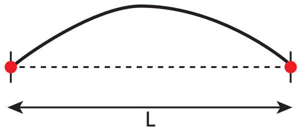
b) Para o som emitido, temos:

$$v_s = \lambda_s f \Rightarrow 340 = \lambda_s \cdot 1000 \Rightarrow \boxed{\lambda_s = 0,34 \text{ m}}$$

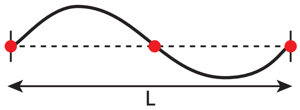
c) O modo de vibração da corda apresentada corresponde ao quarto harmônico:

$$f_4 = 4f_1 \Rightarrow 1000 = 4f_1 \Rightarrow \boxed{f_1 = 250 \text{ Hz}}$$

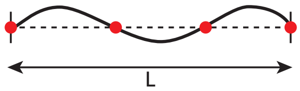
19 (UFG-GO) Os sons produzidos por um violão acústico são resultantes das vibrações de suas cordas quando tangidas pelo violonista. As cordas vibram produzindo ondas transversais estacionárias de diferentes frequências. Essas ondas são também caracterizadas pelo número de nós. Nó é um ponto da corda que permanece em repouso durante a oscilação da onda. A sequência ao lado representa as três primeiras ondas estacionárias que podem ser produzidas em uma corda de comprimento **L**, fixa em suas extremidades.



Onda 1: 2 nós



Onda 2: 3 nós



Onda 3: 4 nós

Com base nessas informações, indique as afirmativas corretas:

1. Os comprimentos de onda das ondas 1, 2 e 3 valem, respectivamente, $\lambda_1 = 2L$, $\lambda_2 = L$ e $\lambda_3 = \frac{2L}{3}$.
2. A próxima onda estacionária, contendo 5 nós, terá um comprimento de onda $\lambda_4 = \frac{L}{4}$.
3. Se **v** for a velocidade das ondas na corda, a frequência das ondas 1, 2 e 3 valerá, respectivamente, $f_1 = \frac{v}{2L}$, $f_2 = \frac{v}{L}$ e $f_3 = \frac{3v}{2L}$.
4. Se L = 0,5 m e v = 30 m/s, a menor frequência possível de se produzir nessa corda é de 90 Hz.

Resolução:

1. Correta.

• $L = \frac{\lambda_1}{2} \Rightarrow \boxed{\lambda_1 = 2L}$

• $L = \lambda_2 \Rightarrow \boxed{\lambda_2 = L}$

• $L = 3\frac{\lambda_3}{2} \Rightarrow \boxed{\lambda_3 = 2L/3}$

2. Incorreta.

$$L = 4\frac{\lambda_4}{2} \Rightarrow \boxed{\lambda_4 = L/2}$$

3. Correta.

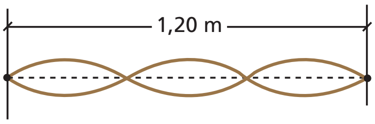
$$f = \frac{v}{\lambda} \Rightarrow \begin{cases} \boxed{f_1 = \frac{v}{2L}} \\ \boxed{f_2 = \frac{v}{L}} \\ f_3 = \frac{v}{2L/3} \Rightarrow \boxed{f_3 = \frac{3v}{2L}} \end{cases}$$

4. Incorreta.

$$f_{mín} = \frac{v}{\lambda_{máx}} = \frac{v}{2L} = \frac{30}{1} \Rightarrow \boxed{f_{mín} = 30 \text{ Hz}}$$

Resposta: 1 e 3

20 (UFSE) Uma corda de 1,20 m de comprimento vibra no estado estacionário (terceiro harmônico), como na figura abaixo.



Se a velocidade de propagação da onda na corda é de 20 m/s, a frequência da vibração é, em hertz:
a) 15.
b) 20.
c) 21.
d) 24.
e) 25.

Resolução:

$L = 3\frac{\lambda}{2} \Rightarrow 1{,}20 = 3\frac{\lambda}{2} \Rightarrow \lambda = 0{,}80\text{ m}$

$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{20}{0{,}80} \Rightarrow \boxed{f = 25\text{ Hz}}$

Resposta: e

21 Numa corda tensa, abalos transversais propagam-se a 100 m/s. Sendo de 2 m o comprimento da corda, calcule sua frequência de vibração:
a) no modo fundamental;
b) no terceiro harmônico.

Resolução:

a) $f_1 = \frac{v}{2L} = \frac{100}{2 \cdot 2} \Rightarrow \boxed{f_1 = 25\text{ Hz}}$

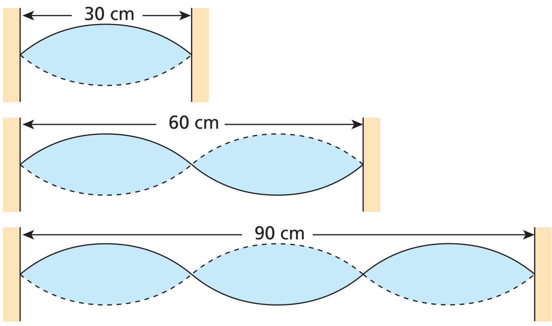
b) $f_3 = 3f_1 = 3 \cdot 25 \Rightarrow \boxed{f_3 = 75\text{ Hz}}$

Respostas: a) 25 Hz; b) 75 Hz

22 Ondas estacionárias são produzidas numa corda, sendo de 60 cm o comprimento de onda. Determine, em centímetros, os três menores valores possíveis para o comprimento da corda.

Resolução:

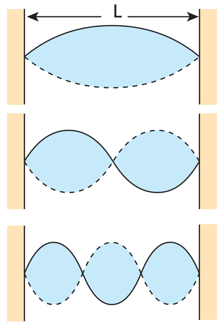
$\lambda = 60\text{ cm} \Rightarrow \frac{\lambda}{2} = 30\text{ cm}$



Respostas: 30 cm; 60 cm; 90 cm

23 Considere uma corda de violão de 60 cm de comprimento. Quais os três maiores comprimentos de onda de ondas estacionárias que podemos produzir nela?

Resolução:



$\frac{\lambda}{2} = L \Rightarrow \lambda = 2L \Rightarrow \boxed{\lambda = 120\text{ cm}}$

$\lambda = L \Rightarrow \boxed{\lambda = 60\text{ cm}}$

$3\frac{\lambda}{2} = L \Rightarrow \lambda = \frac{2L}{3} \Rightarrow \boxed{\lambda = 40\text{ cm}}$

Respostas: 120 cm; 60 cm; 40 cm

24 Uma corda de 0,50 m com densidade linear de 10^{-2} kg/m está submetida a uma tração de 100 N.
a) Calcule a frequência fundamental do som emitido pela corda.
b) Proponha duas maneiras de dobrar a frequência do som fundamental, alterando uma única grandeza em cada caso.
c) Considerando igual a 330 m/s a velocidade de propagação do som no ar, calcule o comprimento de onda do som fundamental emitido no ar.

Resolução:

a) $f = \frac{1}{2L}\sqrt{\frac{F}{\delta}} = \frac{1}{2 \cdot 0{,}50}\sqrt{\frac{100}{10^{-2}}} \Rightarrow \boxed{f = 100\text{ Hz}}$

b) Devemos submeter a corda a uma tração igual ao quádruplo da inicial, ou seja, a uma tração de 400 N.
Uma outra possibilidade é reduzir à metade seu comprimento vibratório, mantendo a tração inicial.

c) $v = \lambda f \Rightarrow 330 = \lambda \cdot 100 \Rightarrow \boxed{\lambda = 3{,}3\text{ m}}$

Respostas: a) 100 Hz; b) Quadruplicar a tração ou reduzir à metade o comprimento do trecho vibratório.; c) 3,3 m.

25 (Uepa) Ao tocar a corda mais grossa do violão, presa apenas nas suas extremidades, é produzido um som grave denominado MI e de frequência fundamental 327 Hz. Considere o comprimento da corda igual a 60 cm.
a) Calcule a velocidade de transmissão da onda na corda.
b) A corda mais fina, por sua vez, na plenitude de seu comprimento, também produz um som denominado MI, porém com frequência duas oitavas acima do som produzido pela corda mais grossa. Identifique a qualidade fisiológica que diferencia o som produzido pelas duas cordas.

Resolução:

a) $L = 60\text{ cm} = 0{,}60\text{ m}$

$f = \frac{v}{2L} \Rightarrow v = 2L\,f = 2 \cdot 0{,}60 \cdot 327$

$\boxed{v = 392\text{ m/s}}$

b) A qualidade fisiológica em questão é a **altura**. A corda mais fina produz um som mais alto, isto é, de maior frequência.

Respostas: a) 392 m/s; b) Altura.

26 Durante um processo de investigação, uma conversa telefônica foi gravada e surgiu a necessidade de se confirmar se uma determinada voz era ou não do senhor **X**. Para isso, a voz gravada foi analisada em laboratório.
Qual qualidade fisiológica do som é decisiva para se concluir se essa voz era ou não dele?

Resposta: Timbre.

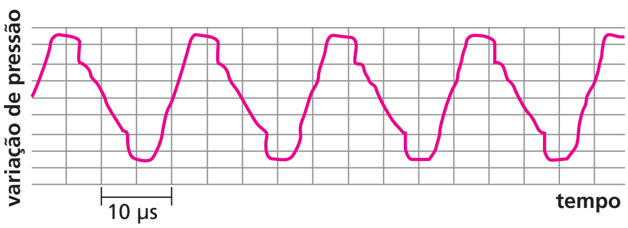
27 (Unicenp-PR) O italiano Luciano Pavarotti, conhecidíssimo cantor da ópera, possui uma extensão de voz que varia aproximadamente entre o "dó" (128 Hz) e o "lá" (440 Hz), sendo classificado como **tenor**. Já um **contralto** compreende uma extensão de voz que vai, pelo menos, de "sol" (196 Hz) a "mi" (669 Hz).
A classificação citada, que pode ainda envolver barítonos, baixos, sopranos e *mezzo*-sopranos, está calcada na qualidade fisiológica do som conhecida como:

a) intensidade.
b) altura.
c) timbre.
d) volume.
e) reverberação.

Resposta: b

28 (Fuvest-SP) O som de um apito é analisado com o uso de um medidor que, em sua tela, visualiza o padrão apresentado na figura abaixo. O gráfico representa a variação da pressão que a onda sonora exerce sobre o medidor, em função do tempo, em μs (1 μs = 10^{-6} s). Analisando a tabela de intervalos de frequências audíveis, por diferentes seres vivos, conclui-se que esse apito pode ser ouvido apenas por:

Seres vivos	Intervalos de frequência
cachorro	15 Hz – 45 000 Hz
ser humano	20 Hz – 20 000 Hz
sapo	50 Hz – 10 000 Hz
gato	60 Hz – 65 000 Hz
morcego	1 000 Hz – 120 000 Hz



a) seres humanos e cachorros.
b) seres humanos e sapos.
c) sapos, gatos e morcegos.
d) gatos e morcegos.
e) morcegos.

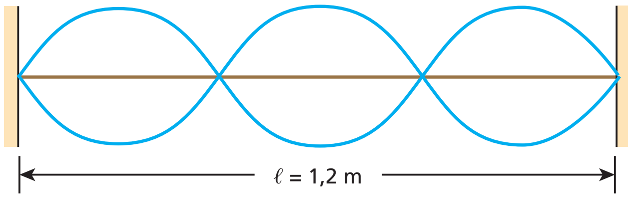
Resolução:

$T = 20\ \mu s = 20 \cdot 10^{-6}\ s \Rightarrow f = \frac{1}{T} = \frac{1}{20 \cdot 10^{-6}}$

$\boxed{f = 50000\ Hz}$

Resposta: d

29 Uma corda de massa m = 240 g e comprimento ℓ = 1,2 m vibra com frequência de 150 Hz, no estado estacionário esquematizado a seguir:



Determine a velocidade de propagação das ondas que originam o estado estacionário nessa corda e a intensidade da força tensora.

Resolução:

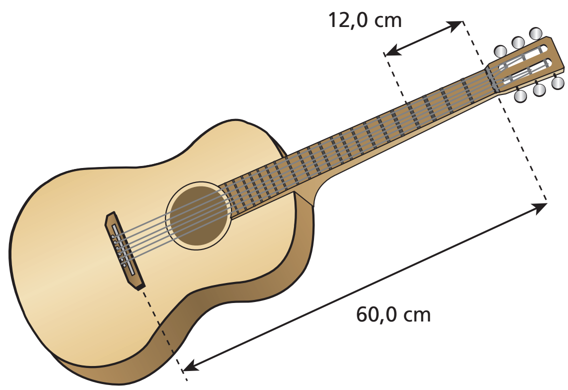
• m = 0,240 kg
ℓ = 1,2 m
f = 150 Hz

$f = \frac{N\,v}{2\,\ell} \Rightarrow 150 = \frac{3v}{2{,}4} \Rightarrow \boxed{v = 120\ m/s}$

• $v = \sqrt{\frac{F}{\delta}} \Rightarrow F = \delta\,v^2 = \frac{m}{\ell} \cdot v^2 = \frac{0{,}240}{1{,}2} \cdot 120^2 \Rightarrow \boxed{F = 2{,}88 \cdot 10^3\ N}$

Respostas: 120 m/s, 2,88 · 10^3 N

30 (Cesgranrio-RJ) O comprimento das cordas de um violão (entre suas extremidades fixas) é de 60,0 cm. Ao ser dedilhada, a segunda corda (lá) emite um som de frequência igual a 220 Hz. Qual será a frequência do novo som emitido, quando o violonista, ao dedilhar essa mesma corda, fixar o dedo no traste, a 12,0 cm de sua extremidade?



Resolução:

L = 60,0 cm
ℓ = 60,0 cm – 12,0 cm = 48,0 cm

$$\left.\begin{array}{l} f_1 = \frac{v}{2L} \\ f'_1 = \frac{v}{2\ell} \end{array}\right\} \Rightarrow \frac{f_1}{f'_1} = \frac{\ell}{L} \Rightarrow \frac{220}{f'_1} = \frac{48{,}0}{60{,}0} \Rightarrow$$

$\Rightarrow \boxed{f'_1 = 275\ Hz}$

Resposta: 275 Hz

31 Um violonista tange no instrumento duas cordas de diâmetros diferentes, feitas do mesmo material e igualmente tracionadas, e consegue produzir a mesma nota. Explique como isso é possível.

Resposta: A frequência do som emitido depende do comprimento vibratório, que varia à medida que o violonista desloca o dedo ao longo da corda.

32 (Unicentro) A quinta corda solta do violão corresponde à nota si (frequência fundamental igual a 981 Hz). Se essa corda for presa no quinto trasto, diminuindo assim o comprimento da corda vibrante, obtém-se a nota mi aguda (frequência fundamental igual a 1 308 Hz). Sobre o comprimento da parte vibrante da corda si (**ℓ**), que vibra na frequência da nota mi aguda, expresso em função do comprimento da corda solta (**L**), é correto afirmar:

a) $\ell = \frac{1}{2}$ L.
b) $\ell = \frac{2}{3}$ L.
c) $\ell = \frac{3}{4}$ L.
d) $\ell = \frac{4}{5}$ L.
e) $\ell = \frac{5}{6}$ L.

Resolução:
- Corda **si** solta:

$$f_1 = \frac{v}{2L} \Rightarrow 981 = \frac{v}{2L} \qquad \text{(I)}$$

- Corda **si** presa no quinto trasto:

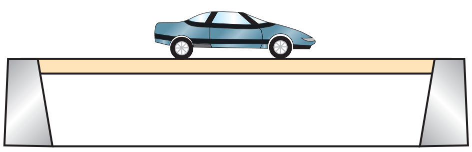
$$f_1' = \frac{v}{2\ell} \Rightarrow 1308 = \frac{v}{2\ell} \qquad \text{(II)}$$

- Dividindo (I) por (II), membro a membro, vem:

$$\frac{\ell}{L} = \frac{981}{1308} \Rightarrow \frac{\ell}{L} = 0{,}75 = \frac{3}{4} \Rightarrow \boxed{\ell = \frac{3}{4} L}$$

Resposta: c

33 (UFSCar-SP) Com o carro parado no congestionamento sobre o centro de um viaduto, um motorista pôde constatar que a estrutura deste estava oscilando intensa e uniformemente. Curioso, pôs-se a contar o número de oscilações que estavam ocorrendo. Conseguiu contar 75 sobes e desces da estrutura no tempo de meio minuto, quando teve de abandonar a contagem devido ao reinício lento do fluxo de carros.



Mesmo em movimento, observou que, conforme percorria lentamente a outra metade a ser transposta do viaduto, a amplitude das oscilações que havia inicialmente percebido gradativamente diminuía, embora mantida a mesma relação com o tempo, até finalmente cessar na chegada em solo firme. Levando em conta essa medição, pode-se concluir que a próxima forma estacionária de oscilação desse viaduto deve ocorrer para a frequência, em Hz, de:

a) 15,0.
b) 9,0.
c) 7,5.
d) 5,0.
e) 2,5.

Resolução:
Pela descrição feita no enunciado, a amplitude das oscilações era máxima no centro do viaduto e ia diminuindo até se chegar ao final. Concluímos, então, que o viaduto vibrava no modo fundamental:

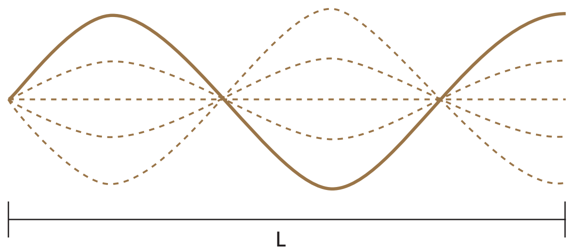
$$f_1 = \frac{n}{\Delta t} = \frac{75 \text{ oscilações}}{30 \text{ s}} \Rightarrow f_1 = 2{,}5 \text{ Hz}$$

A “próxima forma estacionária de oscilação” é o segundo harmônico:

$$f_2 = 2f_1 = 2 \cdot 2{,}5 \Rightarrow \boxed{f_2 = 5{,}0 \text{ Hz}}$$

Resposta: d

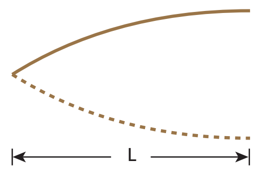
34 (UFPE) A figura mostra um modo estacionário em uma corda homogênea, de comprimento **L**, que tem uma extremidade fixa e a outra livre. Determine a razão entre a frequência deste modo e a do modo estacionário de mais baixa frequência (modo fundamental).



Resolução:
Da figura, temos:

$$L = \lambda + \frac{\lambda}{4} = \frac{5\lambda}{4} \Rightarrow \lambda = \frac{4L}{5} \text{ e } f = \frac{v}{\lambda} \qquad \text{(I)}$$

No modo fundamental:

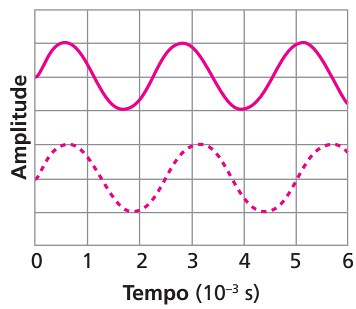


$$L = \frac{\lambda_1}{4} \Rightarrow \lambda_1 = 4L \text{ e } f_1 = \frac{v}{\lambda_1} \qquad \text{(II)}$$

$$\text{De (I) e (II): } \frac{f}{f_1} = \frac{\lambda_1}{\lambda} = \frac{4L}{\frac{4L}{5}} \Rightarrow \boxed{\frac{f}{f_1} = 5}$$

Resposta: 5

35 (Udesc-SC) Para a afinação de um piano, usa-se um diapasão com frequência fundamental igual a 440 Hz, que é a frequência da nota **Lá**. A curva contínua do gráfico a seguir representa a onda sonora de 440 Hz do diapasão.



a) A nota **Lá** de certo piano está desafinada e o seu harmônico fundamental está representado na curva tracejada do gráfico. Obtenha a frequência da nota **Lá** desafinada.

b) O comprimento dessa corda do piano é igual a 1,0 m e sua densidade linear é igual a $5,0 \cdot 10^{-2}$ g/cm. Calcule o aumento de tração na corda necessário para que a nota **Lá** seja afinada.

Resolução:

a) De $t = 0$ s a $t = 5 \cdot 10^{-3}$ s, temos dois períodos T_D da nota **lá** desafinada:

$$2T_D = 5 \cdot 10^{-3} \Rightarrow T_D = 2,5 \cdot 10^{-3}\ s$$

$$f_D = \frac{1}{T} \Rightarrow \boxed{f_D = 400\ Hz}$$

b) $f = \frac{v}{2L} = \frac{1}{2L}\sqrt{\frac{F}{\delta}} \Rightarrow F = 4\delta L^2 f^2$

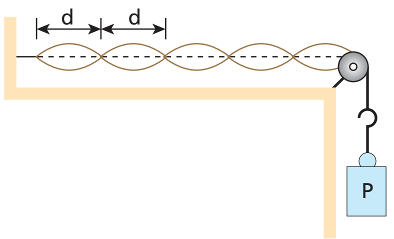
Sendo f_A a frequência da corda afinada, temos:

$$\Delta F = 4\delta L^2 (f_A^2 - f_D^2) \Rightarrow 4 \cdot 5,0 \cdot 10^{-3} \cdot 10^2 \cdot (440^2 - 400^2)$$

$$\boxed{\Delta F = 672\ N}$$

Respostas: a) 400 Hz; b) 672 N

36 (Unifesp-SP) A figura representa uma configuração de ondas estacionárias produzida num laboratório didático com uma fonte oscilante.



a) Sendo d = 12 cm a distância entre dois nós sucessivos, qual o comprimento de onda da onda que se propaga no fio?

b) O conjunto **P** de cargas que traciona o fio tem massa m = 180 g. Sabe-se que a densidade linear do fio é $\mu = 5,0 \cdot 10^{-4}$ kg/m. Determine a frequência de oscilação da fonte.

Dados: velocidade de propagação de uma onda numa corda: $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$; $g = 10\ m/s^2$.

Resolução:

a) $d = \frac{\lambda}{2} \Rightarrow \lambda = 2d = 2 \cdot 12 \Rightarrow \boxed{\lambda = 24\ cm}$

b) • $F = m\,g = 0,180 \cdot 10 \Rightarrow F = 1,8\ N$

• $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{1,8}{5,0 \cdot 10^{-4}}} \Rightarrow v = 60\ m/s$

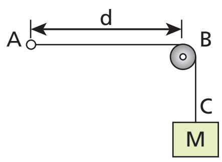
• $f = \frac{N\,v}{2L}$

N = 5 (5º harmônico); $L = 5d = 5 \cdot 0,12 \Rightarrow L = 0,60\ m$

$$f = \frac{5 \cdot 60}{2 \cdot 0,60} \Rightarrow \boxed{f = 250\ Hz}$$

Respostas: a) 24 cm; b) 250 Hz

37 (Ufam) Um estudante, querendo medir a massa **M** de um bloco e não dispondo de uma balança, decidiu praticar o que aprendera na aula sobre cordas vibrantes. Para isso, fixou com um prego a extremidade **A** de um fio de aço muito fino e na extremidade livre, **C**, pendurou o corpo com massa desconhecida **M**, depois de passar o fio por uma polia em **B**, cuja distância $d = \overline{AB}$ era ajustável (ver figura). Fazendo d = 1 m, dedilhou a corda e ouviu um som com uma dada frequência **f**. Acostumado a "afinar" violão, o estudante então substituiu a massa **M** por um pacote de açúcar de 1 kg e passou a dedilhar a corda, variando a distância **d**, até conseguir a mesma frequência **f** ouvida anteriormente, o que ocorreu para d = 0,25 m. Pode-se afirmar que a massa **M** do bloco vale:



a) 8 kg.
b) 10 kg.
c) 4 kg.
d) 16 kg.
e) 12 kg.

Resolução:

$$f_1 = \frac{v}{2L} = \frac{v}{2d} = \frac{1}{2d}\sqrt{\frac{F}{\delta}}$$

• Com a massa **M**:

$$f_1 = \frac{1}{2 \cdot 1}\sqrt{\frac{Mg}{\delta}} = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{Mg}{\delta}} \quad \text{(I)}$$

• Com a massa m = 1 kg:

$$f_1 = \frac{1}{2 \cdot 0,25}\sqrt{\frac{mg}{\delta}} = 2\sqrt{\frac{1\ g}{\delta}} \quad \text{(II)}$$

• De (I) e (II), vem:

$$\frac{1}{2}\sqrt{\frac{Mg}{\delta}} = 2\sqrt{\frac{1\ g}{\delta}} \Rightarrow \frac{M}{4} = 4 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{M = 16\ kg}$$

Resposta: d

38 Alguns *softwares* permitem manipular certos harmônicos componentes da voz humana, intensificando-os, atenuando-os ou até mesmo suprimindo-os, modificando substancialmente o som percebido por um ouvinte para uma determinada voz. Surgem com essas manipulações aquelas vozes de "robôs", de "monstros", de seres "extraterrestres" etc., tão comuns no cinema. A principal qualidade que se altera na voz é:

a) a altura.
b) o timbre.
c) a intensidade.
d) o nível sonoro.
e) a amplitude.

Resolução:

A alteração da intensidade e/ou da quantidade de harmônicos modifica o timbre da voz.

Resposta: b

39 Num experimento de batimento, colocam-se a vibrar simultaneamente dois diapasões com frequências de 200 Hz e 206 Hz.

a) Determine a frequência dos batimentos.

b) Para se obterem batimentos de frequência igual a 3 Hz, em que frequência deve vibrar um diapasão, junto com o diapasão de 200 Hz?

Resolução:

a) $f_{BAT} = 206 - 200 \Rightarrow \boxed{f_{BAT} = 6\text{ Hz}}$

b) $f - 200 = 3 \Rightarrow \boxed{f = 203\text{ Hz}}$

ou

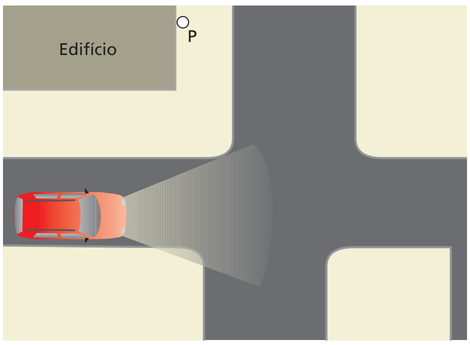
$200 - f = 3 \Rightarrow \boxed{f = 197\text{ Hz}}$

Respostas: a) 6 Hz; b) 203 Hz ou 197 Hz

40 Consideremos dois violões com as cordas **lá** igualmente afinadas. Estando um violão próximo ao outro, tangemos a corda **lá** de um deles e verificamos que a corda **lá** do outro também vibra. Qual fenômeno explica esse acontecimento?

Resposta: Ressonância.

41 É noite. Um automóvel aproxima-se de uma esquina, onde há um grande edifício. Na situação representada na figura, uma pessoa na posição **P** ouve perfeitamente os ruídos do veículo, mas não pode vê-lo. Por quê?



Resposta: A difração do som é muito acentuada, ao passo que a da luz praticamente não ocorre nessa situação.

42 E.R. Um tubo sonoro de 3,0 m de comprimento emite um som de frequência 125 Hz. Considerando a velocidade do som no ar igual a 300 m/s, determine:

a) se o tubo é aberto ou fechado;

b) o harmônico correspondente a essa frequência.

Resolução:

a) Para um tubo sonoro aberto, a frequência do som emitido é calculada por:

$$f = \frac{N\,v}{2L} \quad (N = 1, 2, 3, ...)$$

em que **N** é a ordem do harmônico, **v** é a velocidade do som no gás dentro do tubo (ar) e **L** é o comprimento do tubo.
Sendo f = 125 Hz, v = 300 m/s e L = 3,0 m, temos, para **N**, o valor:

$$125 = \frac{N \cdot 300}{2 \cdot 3,0} \Rightarrow N = 2,5$$

Como o valor obtido para **N** não é inteiro, concluímos que o tubo que emitiu o referido som não pode ser aberto. Para um tubo fechado, a frequência do som emitido é dada por:

$$f = \frac{N\,v}{4L} \quad (N = 1, 3, 5, ...)$$

Fazendo v = 300 m/s, f = 125 Hz e L = 3,0 m, obtemos:

$$125 = \frac{N \cdot 300}{4 \cdot 3,0} \Rightarrow N = 5$$

Como **N** resultou ímpar, concluímos que o som foi realmente emitido por um tubo fechado.

b) No item anterior, obtivemos o valor 5 para a ordem **N** do harmônico, o que nos permite concluir que esse tubo fechado está emitindo um som correspondente ao seu **quinto harmônico**.

43 Um tubo sonoro aberto, contendo ar, tem 33 cm de comprimento. Considerando a velocidade do som no ar igual a 330 m/s, determine a frequência:

a) do som fundamental emitido pelo tubo;

b) do quarto harmônico que esse tubo pode emitir.

Resolução:

a) $f_1 = \frac{v}{2L} = \frac{330}{2 \cdot 0,33} \Rightarrow \boxed{f_1 = 500\text{ Hz}}$

b) $f_4 = 4f_1 = 4 \cdot 500 \Rightarrow \boxed{f_4 = 2\,000\text{ Hz}}$

Respostas: a) 500 Hz; b) 2 000 Hz.

44 Um tubo sonoro contendo ar tem 1 m de comprimento, apresentando uma extremidade aberta e outra fechada. Considerando a velocidade do som no ar igual a 340 m/s, determine as três menores frequências que esse tubo pode emitir.

Resolução:

$f = \frac{N\,v}{4L}$ (N = 1, 3, 5 ...)

• $f_1 = \frac{1 \cdot 340}{4 \cdot 1} \Rightarrow \boxed{f_1 = 85\text{ Hz}}$

• $f_3 = 3f_1 \Rightarrow \boxed{f_3 = 255\text{ Hz}}$

• $f_5 = 5f_1 \Rightarrow \boxed{f_5 = 425\text{ Hz}}$

Respostas: 85 Hz, 255 Hz e 425 Hz.

45 (Cesgranrio-RJ) O maior tubo do órgão de uma catedral tem comprimento de 10 m e o tubo menor tem comprimento de 2,0 cm. Os tubos são abertos e a velocidade do som no ar é de 340 m/s. Quais são os valores extremos da faixa de frequências sonoras que o órgão pode emitir, sabendo que os tubos ressoam no modo fundamental?

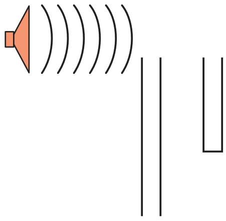
Resolução:

• $f_{mín} = \frac{v}{2L} = \frac{340}{2 \cdot 10} \Rightarrow \boxed{f_{mín} = 17\text{ Hz}}$

• $f_{máx} = \frac{v}{2\ell} = \frac{340}{2 \cdot 2,0 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow \boxed{f_{máx} = 8,5\text{ kHz}}$

Respostas: 17 Hz e 8,5 kHz.

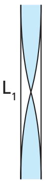
46 (UFPI) Um alto-falante emite som de frequência constante igual a 55 Hz, próximo de dois tubos sonoros: um aberto e outro fechado. A velocidade de propagação do som em ambos os tubos é de 330 m/s. Se o som do alto-falante ressoa nesses tubos, seus comprimentos mínimos são, respectivamente:



a) 4 m e 2 m.
b) 3 m e 1,5 m.
c) 6 m e 3 m.
d) 5 m e 2,5 m.
e) 10 m e 5 m.

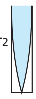
Resolução:

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{330}{55} \Rightarrow \lambda = 6\text{ m}$$



$L_1 = \frac{\lambda}{2} = \frac{6}{2}$

$\boxed{L_1 = 3\text{ m}}$



$L_2 = \frac{\lambda}{4} = \frac{6}{4}$

$\boxed{L_2 = 1,5\text{ m}}$

Resposta: b

47 (UFRGS-RS) Em uma onda sonora estacionária, no ar, a separação entre um nodo e o ventre mais próximo é de 0,19 m. Considerando-se a velocidade do som no ar igual a 334 m/s, qual é o valor aproximado da frequência dessa onda?

a) 1 760 Hz.
b) 880 Hz.
c) 586 Hz.
d) 440 Hz.
e) 334 Hz.

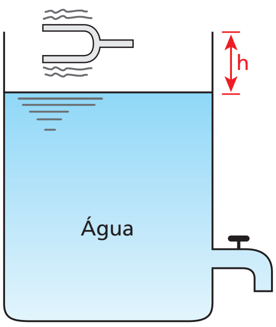
Resolução:

$$\frac{\lambda}{4} = 0,19 \Rightarrow \lambda = 0,76\text{ m}$$

$$f = \frac{v}{\lambda} \Rightarrow f = \frac{334}{0,76} \Rightarrow \boxed{f \simeq 440\text{ Hz}}$$

Resposta: d

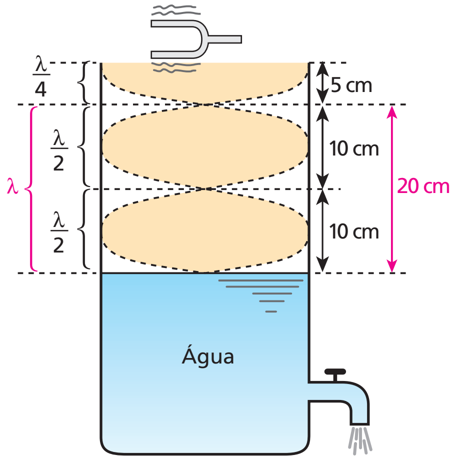
48 **E.R.** Na extremidade aberta do tubo de Quincke mostrado na figura, é colocado um diapasão, que emite um som puro (única frequência). Abrindo-se a torneira, a água escoa lentamente e, para certos valores de **h**, ocorre um aumento na intensidade do som que sai do tubo. Os três menores valores de **h** são 5 cm, 15 cm e 25 cm.



Determine:
a) o comprimento de onda do som emitido pelo diapasão;
b) a velocidade desse som no ar, sabendo que sua frequência é 1 600 Hz.

Resolução:

a) Enquanto a água escoa, a região de altura **h** comporta-se como um tubo sonoro fechado de comprimento variável. Para certos valores de **h**, a coluna de ar do interior da região entra em ressonância com o som emitido pelo diapasão.



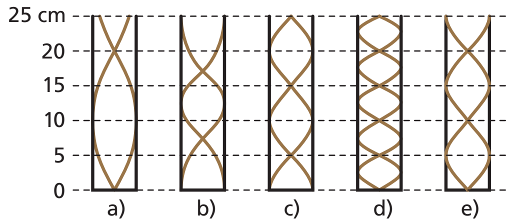
Da figura, concluímos que: $\boxed{\lambda = 20\text{ cm}}$

b) Da relação $v = \lambda f$, temos:

$$v_{som} = 0,20\text{ m} \cdot 1\,600\text{ Hz}$$

$$\boxed{v_{som} = 320\text{ m/s}}$$

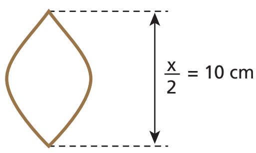
49 (Fuvest-SP) Um músico sopra a extremidade aberta de um tubo de 25 cm de comprimento, fechado na outra extremidade, emitindo um som na frequência f = 1 700 Hz. A velocidade do som no ar, nas condições do experimento, é v = 340 m/s. Dos diagramas a seguir, aquele que melhor representa a amplitude de deslocamento da onda sonora estacionária, excitada no tubo pelo sopro do músico, é:



Resolução:

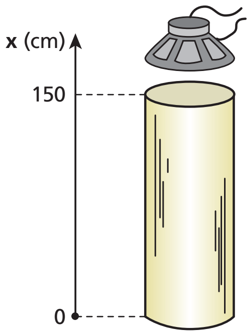
Num tubo sonoro fechado, a onda estacionária apresenta um **nó** na extremidade **fechada** e um **ventre** na extremidade **aberta**.
Além disso:

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{340}{1\,700} \Rightarrow \lambda = 0,20\text{ m} = 20\text{ cm}$$



Resposta: e

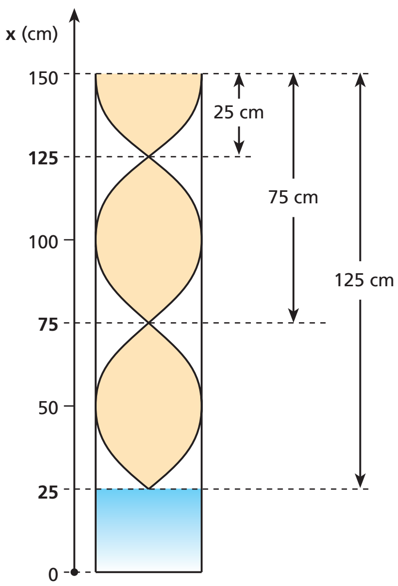
50 Um alto-falante que emite um som com frequência de 330 Hz (devido a um gerador de áudio) é colocado próximo à extremidade aberta de um vaso cilíndrico vazio, como mostra a figura ao lado.
Despejando água lentamente no vaso, em certas posições do nível da água percebemos que a intensidade sonora passa por valores máximos (ressonância). Determine os valores de **x** correspondentes a essas posições do nível da água, considerando a velocidade do som no ar igual a 330 m/s.



Resolução:

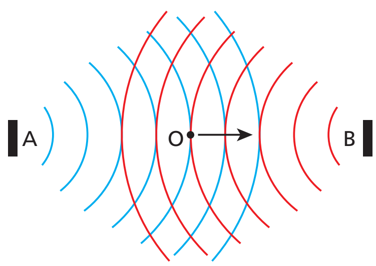
$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{330}{330} \Rightarrow \lambda = 1\text{ m} = 100\text{ cm}$

- $\frac{\lambda}{4} = 25\text{ cm}$
- $3\frac{\lambda}{4} = 3 \cdot 25\text{ cm} = 75\text{ cm}$
- $5\frac{\lambda}{4} = 5 \cdot 25\text{ cm} = 125\text{ cm}$



Respostas: 25 cm; 75 cm; 125 cm

51 E.R. Num campo de futebol, um estudante colocou dois alto-falantes **A** e **B** frente a frente, como está representado na figura a seguir. Em seguida, ligou-os a fontes diferentes que emitem sinais de mesma frequência e colocou-se no ponto **O**, equidistante de **A** e **B**. Como não ouvia o som, começou a deslocar-se lentamente na direção e no sentido indicados na figura:



À medida que ocorria o deslocamento, o observador percebia um som cada vez mais forte, que em seguida começava a se enfraquecer, atingindo intensidade mínima a 1,0 m da posição inicial. Sendo a velocidade do som no local igual a 320 m/s, determine a frequência e o comprimento de onda do som.

Resolução:
Pelo fato de o estudante não ouvir o som na posição inicial, pode-se dizer que ocorre uma interferência destrutiva nesse local, que se repete a 1,0 m de distância. Sabemos, também, que entre dois pontos consecutivos onde ocorre interferência destrutiva temos metade de um comprimento de onda. Então:

$$\frac{\lambda}{2} = 1{,}0\text{ m} \Rightarrow \boxed{\lambda = 2{,}0\text{ m}}$$

Da relação $v = \lambda f$, temos:

$$320 = 2{,}0f \Rightarrow \boxed{f = 160\text{ Hz}}$$

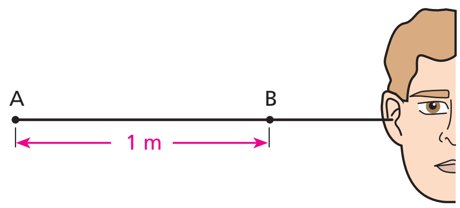
52 Uma onda sonora incide perpendicularmente num anteparo e reflete-se, de modo que a onda incidente interfere com a onda refletida. Observa-se que a menor distância entre dois pontos, nos quais a intensidade sonora é mínima, vale 34 cm. A frequência desse som é de 488 Hz. Calcule sua velocidade de propagação.

Resolução:

- $\frac{\lambda}{2} = 34\text{ cm} \Rightarrow \lambda = 68\text{ cm} = 0{,}68\text{ m}$
- $v = \lambda f = 0{,}68 \cdot 488 \Rightarrow \boxed{v = 332\text{ m/s}}$

Resposta: 332 m/s

53 Nos pontos **A** e **B** da figura estão dois alto-falantes que emitem som de idêntica frequência e em fase. Se a frequência vai crescendo, desde cerca de 30 Hz, atinge um valor em que o observador à direita de **B** deixa de ouvir o som. Qual é essa frequência? (velocidade do som = 340 m/s)



Resolução:

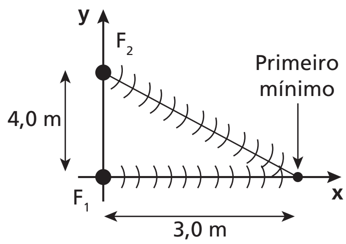
$\Delta d = N\frac{\lambda}{2} \Rightarrow \Delta d = N\frac{v}{2f}$

$1 = N\frac{340}{2f} \Rightarrow f = 170\,N\ (N = 1, 3, 5, ...)$

$\boxed{f_{mín} = 170\text{ Hz}}$

Resposta: 170 Hz

54 (UFPE) Duas fontes sonoras pontuais F_1 e F_2, separadas entre si de **4,0 m**, emitem em fase e na mesma frequência. Um observador, se afastando lentamente da fonte F_1, ao longo do eixo **x**, detecta o primeiro mínimo de intensidade sonora, devido à interferência das ondas geradas por F_1 e F_2, na posição **x = 3,0 m**. Sabendo-se que a velocidade do som é **340 m/s**, qual a frequência das ondas sonoras emitidas, em **Hz**?



Resolução:

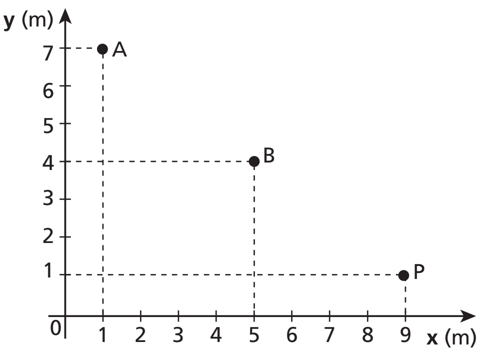
A posição em que ocorre o primeiro mínimo dista $d_1 = 3,0$ m de F_1 e $d_2 = 5,0$ m de F_2:

$$\Delta d = N\frac{\lambda}{2} \Rightarrow 2,0 = 1 \cdot \frac{\lambda}{2} \Rightarrow \lambda = 4,0 \text{ m}$$

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{340}{4,0} \Rightarrow \boxed{f = 85 \text{ Hz}}$$

Resposta: 85 Hz

55 (UFC-CE) Duas fontes sonoras, **A** e **B**, mostradas na figura abaixo, emitem ondas senoidais em fase e com a mesma frequência.



Considerando-se a velocidade do som igual a 340 m/s, determine a menor frequência capaz de produzir:

a) interferência construtiva no ponto **P**;
b) interferência destrutiva no ponto **P**.

Resolução:

Do gráfico:

$$\left.\begin{aligned}\overline{PB} &= 5 \text{ m}\\ \overline{PA} &= 10 \text{ m}\end{aligned}\right\} \Rightarrow \Delta d = 10 \text{ m} - 5 \text{ m} = 5 \text{ m}$$

$$\Delta d = N\frac{\lambda}{2} \Rightarrow \Delta d = \frac{N\,v}{2f} \Rightarrow f = \frac{N\,v}{2\Delta d}$$

a) Para produzir interferência construtiva, fazemos N = 2:

$$f_{mín} = \frac{2 \cdot 340}{2 \cdot 5} \Rightarrow \boxed{f_{mín} = 68 \text{ Hz}}$$

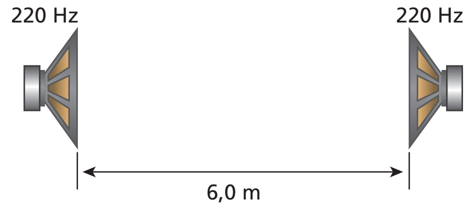
b) Para produzir interferência destrutiva, fazemos N = 1:

$$f_{mín} = \frac{1 \cdot 340}{2 \cdot 5} \Rightarrow \boxed{f_{mín} = 34 \text{ Hz}}$$

Respostas: a) 68 Hz; b) 34 Hz

56 (Unicamp-SP) A velocidade do som no ar é de aproximadamente 330 m/s. Colocam-se dois alto-falantes iguais, um defronte ao outro, distanciados 6,0 m, conforme a figura abaixo. Os alto-falantes são excitados simultaneamente por um mesmo amplificador com um sinal de frequência de 220 Hz. Pergunta-se:

a) Qual é o comprimento de onda do som emitido pelos alto-falantes?
b) Em que pontos do eixo, entre os dois alto-falantes, o som tem intensidade máxima?



Resolução:

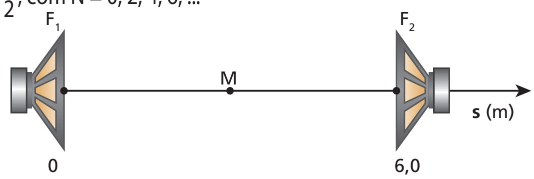
a) v = 330 m/s f = 220 Hz

$v = \lambda f \Rightarrow 330 = \lambda\ 220$

$$\boxed{\lambda = 1,5 \text{ m}}$$

b) Para ocorrer interferência construtiva em um ponto **P**, devemos ter:

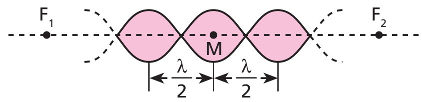
$\Delta d = N\frac{\lambda}{2}$, com N = 0, 2, 4, 6, ...



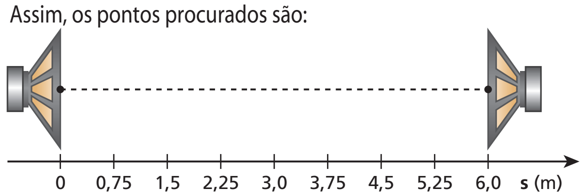
O melhor ponto para iniciar a busca de interferência construtiva é o ponto médio **M** (s = 3,0 m), para o qual temos $\Delta d = 0$.

$\Delta d = N\frac{\lambda}{2} : \Delta d = 0 \Rightarrow N = 0 \Rightarrow$ (interferência construtiva – IC)

Portanto, a partir desse ponto, tanto para a direita como para a esquerda, temos IC a cada 0,75 m, ou seja, a cada $\frac{\lambda}{2}$:

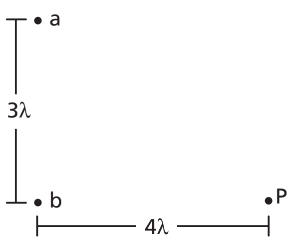


Assim, os pontos procurados são:



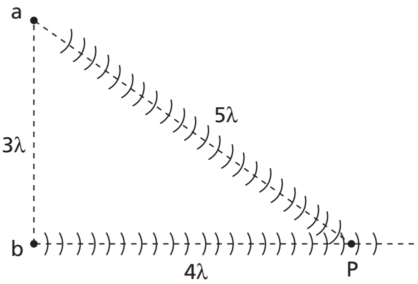
Respostas: a) 1,5 m; b) Nos pontos situados às seguintes distâncias do alto-falante da esquerda: 0 m; 0,75 m; 1,5 m; 2,25 m; 3,0 m; 3,75 m; 4,5 m; 5,25 m; 6,0 m.

57 (UFPI) Dois alto-falantes, **a** e **b**, emitem ondas sonoras de mesmo comprimento de onda, **λ**, e diferença de fase nula. Eles estão separados por uma distância d = 3λ, como mostrado na figura abaixo. As ondas que atingem o ponto **P** apresentam uma diferença de fase, **ϕ**, igual a:



a) π.
b) 3π.
c) $\frac{\pi}{2}$.
d) $\frac{3\pi}{2}$.
e) 2π.

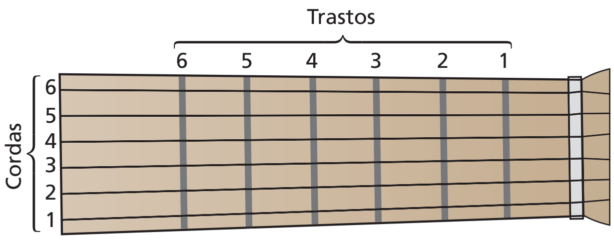
Resolução:



Quando a onda proveniente de **a** atinge **P**, um comprimento de onda (1λ) da onda proveniente de **b** já passou por um ponto. Portanto, **P** percebe uma oscilação a mais da onda que vem de **b**, o que equivale a uma defasagem igual a 2π rad (lembrar que, no MHS, cada oscilação corresponde a uma volta no MCU).

Resposta: e

58 (UFRN) Afinar a corda de um instrumento musical é ajustar a tensão dessa corda até que a frequência de seu modo fundamental de vibração coincida com uma frequência predeterminada.
Uma forma usual de se afinar um violão consiste em afinar uma das últimas cordas (valendo-se de memória musical ou da comparação com algum som-padrão, obtido por meio de diapasão, piano, flauta etc.) e usar tal corda para afinar as outras que ficam abaixo dela. (A figura a seguir ilustra em detalhe o braço de um violão.)
Flavita, acostumada a afinar seu violão, afina inicialmente a corda número 5. Assim, para afinar a corda número 4, ela pressiona a corda 5 entre o quarto e o quinto trasto, percute-a, observa se a corda 4 vibra e o quão intensamente vibra em consequência desse procedimento. Flavita vai ajustando a tensão na corda 4 e repetindo tal procedimento até que ela vibre com a maior amplitude possível. Quando isso ocorre, essa corda está afinada.



Com base no acima exposto, atenda às seguintes solicitações.
a) Dê o nome do fenômeno físico que fundamenta esse processo de afinação do violão.
b) Com base em seus conhecimentos de acústica, explique como esse fenômeno ocorre no processo de afinação do violão.

Resolução:
a) O fenômeno físico solicitado é a **ressonância**.
b) À medida que a intensidade da força tensora na corda 4 vai sendo alterada, altera-se a frequência de seu modo fundamental de vibração. A ressonância ocorre quando essa frequência iguala-se à frequência fundamental da corda 5 pressionada.

Respostas: a) Ressonância; b) À medida que a intensidade da força tensora na corda 4 vai sendo alterada, altera-se a frequência de seu modo fundamental de vibração. A ressonância ocorre quando essa frequência iguala-se à frequência fundamental da corda 5 pressionada.

59 Um menino faz um apito de bambu. Fecha uma das extremidades e sopra pela outra, emitindo uma nota musical. Seu companheiro faz outro apito, deixando uma extremidade aberta e soprando pela outra, produzindo uma nota uma oitava mais aguda (ou seja, de frequência igual ao dobro da frequência do primeiro apito). Supondo sons fundamentais nos dois casos, determine a relação entre os comprimentos dos dois apitos.

Resolução:

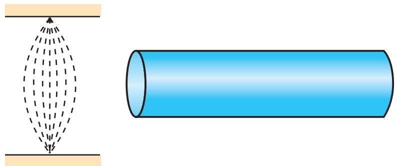
• Apito "tubo fechado": $f_F = \dfrac{v}{4L_F}$

• Apito "tubo aberto": $f_A = \dfrac{v}{2L_A}$

• $f_A = 2f_F \Rightarrow \dfrac{v}{2L_A} = 2\dfrac{v}{4L_F} \Rightarrow \boxed{L_A = L_f}$

Resposta: São iguais

60 Uma corda de 100 g de massa e 1 m de comprimento vibra no modo fundamental próxima de uma das extremidades de um tubo aberto de 4 m de comprimento. O tubo então ressoa, também no modo fundamental. Sendo de 320 m/s a velocidade do som no ar do tubo, calcule a força tensora na corda.



Resolução:
No tubo: $\lambda = 2L \Rightarrow \lambda = 8$ m

$f = \dfrac{v}{\lambda} = \dfrac{320}{8} \Rightarrow f = 40$ Hz

Na corda: f = 40 Hz

$\lambda = 2L \Rightarrow \lambda = 2$ m

$v = \lambda f = 2 \cdot 40 \Rightarrow v = 80$ m/s

$\delta = \dfrac{m}{L} = \dfrac{0,1}{1} \Rightarrow \delta = 0,1$ kg/m

$v = \sqrt{\dfrac{F}{\delta}} \Rightarrow 80 = \sqrt{\dfrac{F}{0,1}} \Rightarrow \boxed{F = 640\ \text{N}}$

Resposta: 640 N

61 Na orelha externa do ser humano, o conduto auditivo tem em média 2,5 cm de comprimento por 0,66 cm² de área de seção transversal e é fechado numa de suas extremidades pela membrana do tímpano. Sabendo que a velocidade de propagação do som no ar é de 340 m/s e que esse conduto comporta-se como um tubo sonoro, determine sua frequência fundamental de ressonância.

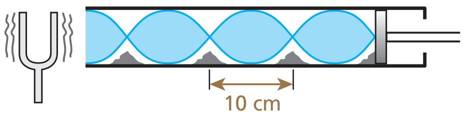
Resolução:

$f = \dfrac{v}{4\,L} = \dfrac{340}{4 \cdot 2,5 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow \boxed{F = 3,4\ \text{kHz}}$

Resposta: 3,4 kHz

62 E.R. Num tubo de Kundt, há pó de cortiça depositado na parte interna inferior. Fazendo-se vibrar um diapasão em sua extremidade aberta e movimentando-se o êmbolo, atinge-se uma situação de ressonância cuja consequência é a formação de montículos de pó de cortiça distantes 10 cm um do outro. Sabendo-se que a velocidade do som no ar é igual a 320 m/s, qual é a frequência do som emitido pelo diapasão?

Resolução:
Na formação de ondas estacionárias dentro do tubo, temos nós e ventres de deslocamento. Nos ventres, o pó de cortiça é sacudido, enquanto nos nós ele forma montículos em repouso. A distância entre dois montículos consecutivos é a distância entre dois nós consecutivos, ou seja, $\frac{\lambda}{2}$.



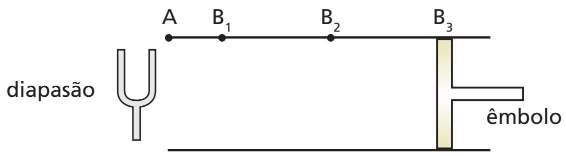
Assim:

$$\frac{\lambda}{2} = 10 \Rightarrow \lambda = 20 \text{ cm} = 0{,}20 \text{ m}$$

Da relação $v = \lambda\, f$, temos:

$$320 = 0{,}20f \Rightarrow \boxed{f = 1\,600 \text{ Hz}}$$

63 Um diapasão vibra com frequência de 500 Hz diante da extremidade **A** (aberta) de um tubo. A outra extremidade é fechada por um êmbolo, que pode ser deslocado ao longo do tubo. Afastando-se o êmbolo, constata-se que há ressonância para três posições, B_1, B_2 e B_3, tais que $\overline{AB_1} = 18$ cm, $\overline{AB_2} = 54$ cm e $\overline{AB_3} = 90$ cm.



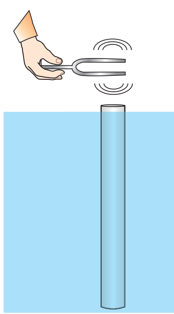
Determine:
a) o comprimento de onda da onda sonora que se propaga no tubo;
b) a velocidade de propagação do som no ar.

Resolução:
a) $\frac{\lambda}{2} = \overline{AB_2} - \overline{AB_1} = 36 \Rightarrow \boxed{\lambda = 72 \text{ cm}}$

b) $v = \lambda\, f = 0{,}72 \cdot 500 \Rightarrow \boxed{v = 360 \text{ m/s}}$

Respostas: a) 72 cm, b) 360 m/s

64 Um tubo de PVC, com 5 cm de diâmetro e 180 cm de comprimento, tendo as duas extremidades abertas, encontra-se quase totalmente imerso na água de uma lagoa, como representa a figura ao lado.

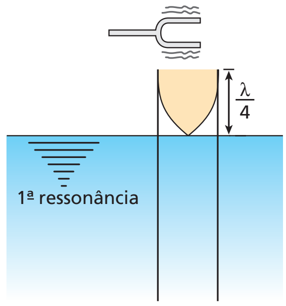


Um diapasão de frequência igual a 256 Hz é posto a vibrar bem perto da extremidade superior do tubo. Erguendo-se o tubo lenta e verticalmente, com o diapasão sempre vibrando nas proximidades de sua extremidade superior, ouve-se, pela primeira vez, um reforço do som (ressonância) quando o comprimento da parte emersa do tubo é igual a 33 cm.
a) Calcule a velocidade de propagação do som no ar no local do experimento.
b) Erguendo-se mais o tubo, até sua extremidade inferior atingir a superfície livre da água, outros reforços do som são percebidos. Determine os comprimentos da parte emersa, em centímetros, nessas ocasiões.

Resolução:
a) A primeira ressonância acontece quando o comprimento da parte emersa é igual a $\frac{\lambda}{4}$ (tubo fechado):

$\frac{\lambda}{4} = 33 \text{ cm} \Rightarrow \lambda = 132 \text{ cm} = 1{,}32 \text{ m}$

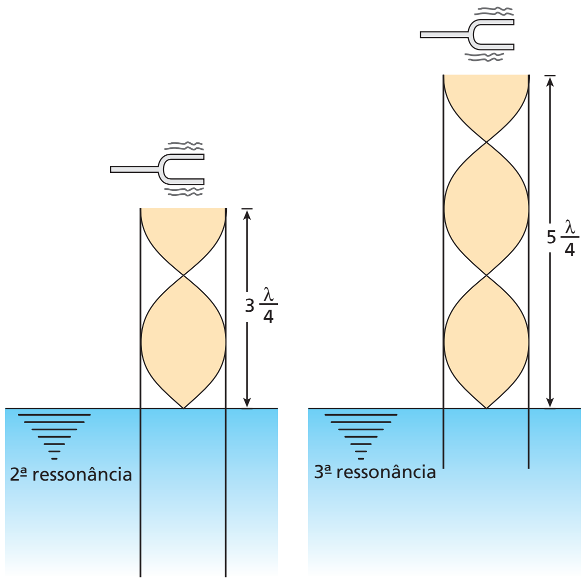
$v = \lambda\, f = 1{,}32 \cdot 256 \Rightarrow \boxed{v \simeq 338 \text{ m/s}}$



b) Há duas outras ressonâncias: uma quando a parte emersa mede $a = 3\frac{\lambda}{4}$ e outra, quando mede $b = 5\frac{\lambda}{4}$:

$a = 3\frac{\lambda}{4} \Rightarrow a = 3 \cdot 33 \text{ cm} \Rightarrow \boxed{a = 99 \text{ cm}}$

$b = 5\frac{\lambda}{4} \Rightarrow b = 5 \cdot 33 \text{ cm} \Rightarrow \boxed{b = 165 \text{ cm}}$



Respostas: a) 338 m/s; b) 99 cm; 165 cm

65 Analise as seguintes afirmações:
(01) Durante a apresentação de uma orquestra, um som grave emitido por um contrabaixo e um agudo emitido por um violino propagam-se com a mesma velocidade até a platéia.
(02) Uma locomotiva parada numa estação emite um som (apito) que se propaga no ar (sem vento) a 340 m/s. Se, em vez de estar

parada, a locomotiva estivesse passando pela mesma estação a 20 m/s, o som emitido (apito) se propagaria, no sentido do movimento da locomotiva, a 360 m/s.

(04) Quando aumentamos o volume do rádio, a velocidade do som emitido por ele também aumenta.

(08) Ondas sonoras de maior amplitude são sempre mais velozes que as de amplitude menor.

Dê como resposta a soma dos números associados às afirmações corretas.

Resolução:

(01) Correta.
A velocidade do som não depende de sua frequencia.

(02) Incorreta.
A velocidade do som não depende da velocidade da fonte sonora que o emtiu.

(04) Incorreta.
A velocidade do som não depende de sua intensidade

(08) Incorreta.

Resposta: 01

66 A velocidade do som no ar a 0 °C é de 330 m/s. Considerando o ar um gás perfeito, calcule a velocidade com que o som se propaga nele a 30 °C.

Resolução:

$v = K\sqrt{T}$

$$\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{T_1}{T_2}} \Rightarrow \frac{330}{v_2} = \sqrt{\frac{273}{303}}$$

$$\boxed{v_2 = 348 \text{ m/s}}$$

Resposta: 348 m/s

67 O efeito Doppler é observado somente quando:

a) a fonte da onda emitida e o observador mantêm uma distância constante.
b) existe um movimento relativo de aproximação ou de afastamento entre a fonte emissora de onda e o observador.
c) a onda emitida pela fonte é transversal e de grande amplitude.
d) a fonte e o observador movem-se com a mesma velocidade (vetorial), em relação ao meio de propagação da onda.
e) a fonte da onda é mais veloz que a onda.

Resposta: b

68 (UFRGS-RS) Indique a alternativa que preenche corretamente o texto abaixo.

O alarme de um automóvel está emitindo som de uma determinada frequência. Para um observador que se aproxima rapidamente desse automóvel, esse som parece ser de .... frequência. Ao afastar-se, o mesmo observador perceberá um som de .... frequência.

a) maior — igual
b) maior — menor
c) igual — igual
d) menor — maior
e) igual — menor

Resposta: b

69 (Unifor-CE) Quando uma ambulância, com sirene ligada, se aproxima de um observador, este percebe:

a) aumento da intensidade sonora e da frequência.
b) aumento da intensidade sonora e diminuição da frequência.
c) mesma intensidade sonora e mesma frequência.
d) diminuição da altura e variação no timbre sonoro.
e) variação no timbre e manutenção da altura.

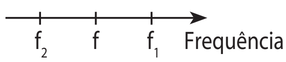
Resposta: a

70 O som emitido pelo motor de um carro de corrida soa, para o espectador, de forma diferente quando ocorre aproximação e quando ocorre afastamento entre ele e o veículo. No entanto, sabemos que essas diferenças não existem para o piloto do carro. Se **f** é a frequência do som ouvido pelo piloto, f_1 é a frequência ouvida pelo espectador na aproximação e f_2 é a frequência ouvida pelo espectador no afastamento, então:

a) $f = f_1 < f_2$.
b) $f > f_1 = f_2$.
c) $f_1 < f > f_2$.
d) $f_1 > f > f_2$.
e) $f_1 < f < f_2$.

Resolução:

A frequencia **f** é a frequência do som emitido pelo motor. Então $\mathbf{f_1}$ é maior que f e $\mathbf{f_2}$ é menor:



$\Rightarrow \boxed{f_1 > f > f_2}$

Resposta: d

71 Dois trens **A** e **B** têm apitos idênticos. Um observador parado numa estação ouve o apito de **A** mais agudo que o de **B**. Qual (quais) das situações abaixo pode(m) viabilizar o caso proposto?

I. Os trens **A** e **B** aproximam-se do observador.
II. Os trens **A** e **B** afastam-se do observador.
III. O trem **B** afasta-se do observador, enquanto o trem **A** está parado.
IV. O trem **A** afasta-se do observador, enquanto o trem **B** está parado.
V. O trem **B** afasta-se do observador, enquanto o trem **A** aproxima-se.

a) Somente I e II.
b) Somente III e IV.
c) Somente I, II, III e V.
d) Somente I, II e III.
e) Somente V.

Resolução:

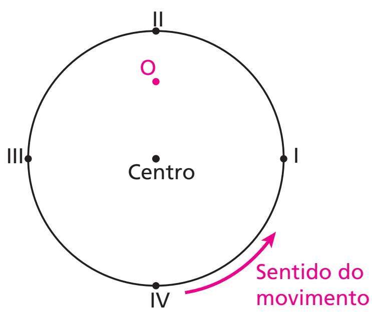
$f_{D_A} > f_{D_B}$

I. Pode. Basta que **A** seja mais veloz que **B**.
II. Pode. Basta que **B** seja mais veloz que **A**.
III. Pode. Só acontece o efeito Doppler para **B**.
IV. Não pode. Nesse caso, o observador ouve o apito de **B** mais agudo.
V. Pode.

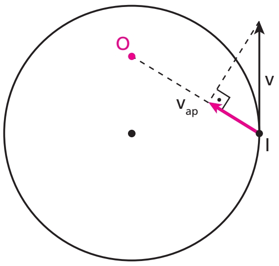
Resposta: c

72 Um automóvel percorre uma pista circular em movimento uniforme. A buzina é acionada quando ele passa pelos pontos I, II, III e IV.

Um observador em repouso no ponto **O** ouve o som da buzina mais agudo quando ela é acionada em que ponto?

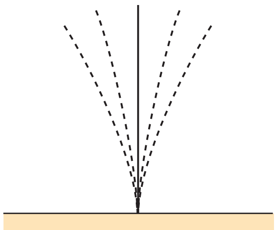


Resolução:
Em **I**, porque, dos quatro pontos citados, é o único em que existe movimento relativo de aproximação entre o automóvel e o observador:



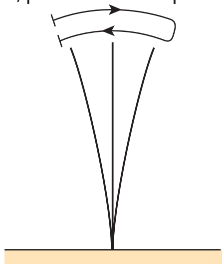
Resposta: I

73 (UFPR) A figura abaixo mostra uma lâmina presa a um suporte rígido, a qual oscila passando 100 vezes por segundo pela posição vertical, onde estaria se estivesse em repouso.



É correto afirmar que:
(01) A frequência da onda sonora emitida no ar pela vibração da lâmina é de 50 Hz.
(02) Se a lâmina vibrasse no vácuo, não seriam produzidas ondas sonoras.
(04) Aumentando-se a amplitude da oscilação da lâmina e mantendo-se a mesma frequência, haverá uma diminuição do comprimento de onda da onda sonora emitida no ar.
(08) A velocidade de propagação da onda sonora emitida pela vibração da lâmina no ar depende da amplitude desta vibração.
Dê como resposta a soma dos números associados às afirmações corretas.

Resolução:
01. Correta.
Em cada oscilação, a lâmina passa **duas** vezes pela posição vertical. Então, 100 passagens por segundo pela vertical correspondem a 50 oscilações por segundo, ou seja, 50 Hz. A frequência do som emitido também é 50 Hz, pois essa é a frequência de sua fonte.

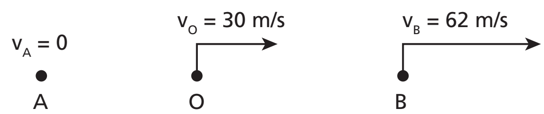


02. Correta.
04. Incorreta.
Sabemos que $v = \lambda f$. Como **f** (frequência do som emitido) e **v** (velocidade do som no ar) não se alteram, $\boldsymbol{\lambda}$ também se mantém.
08. Incorreta.
Portanto, a soma dos números correspondentes às afirmações corretas é 3.

Resposta: 03

74 E.R. Duas fontes sonoras **A** e **B** emitem sons puros de mesma frequência, igual a 680 Hz. A fonte **A** está fixa no solo e **B** move-se para a direita, afastando-se de **A** com velocidade de 62 m/s em relação ao solo. Um observador entre as fontes move-se para a direita, com velocidade de 30 m/s também em relação ao solo.
Determine:
a) a frequência do som proveniente da fonte **A**, ouvida pelo observador;
b) a frequência do som proveniente da fonte **B**, ouvida pelo observador;
c) a frequência do batimento devido à superposição dessas ondas, admitindo-se que suas amplitudes sejam iguais (ou aproximadamente iguais).
Dado: velocidade do som no ar = 340 m/s

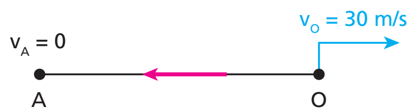
Resolução:
Façamos, inicialmente, um esquema mostrando a situação descrita:



Para o cálculo da frequência f_D ouvida pelo observador (frequência Doppler), devemos estabelecer um sentido de referência, sempre do observador para a fonte, e aplicar a fórmula:

$$f_D = f\,\frac{v \pm v_O}{v \pm v_F}$$

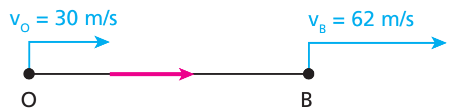
a) Assim, para o som proveniente da fonte **A**, temos:



$f = 680$ Hz, $v = 340$ m/s, $v_O = 30$ m/s, $v_F = v_A = 0$

e $f_D = 680 \cdot \dfrac{340 - 30}{340} \Rightarrow \boxed{f_D = 620 \text{ Hz}}$

b) Para o som proveniente da fonte **B**, temos:



$f = 680$ Hz, $v = 340$ m/s, $v_O = 30$ m/s, $v_F = v_B = 62$ m/s e

$f_D = 680 \cdot \dfrac{340 + 30}{340 + 62} \Rightarrow \boxed{f_D = 626 \text{ Hz}}$

c) A superposição de duas ondas sonoras de amplitudes iguais (ou aproximadamente iguais) e de frequências próximas resulta no fenômeno denominado batimento, cuja frequência é dada pela diferença:

$$f_{BAT} = f_2 - f_1 \qquad (f_2 > f_1)$$

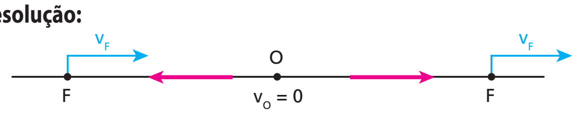
Assim:

$$f_{BAT} = 626 - 620 \Rightarrow \boxed{f_{BAT} = 6 \text{ Hz}}$$

75 Um avião emite um som de frequência f = 600 Hz e percorre uma trajetória retilínea com velocidade v_a = 300 m/s. O ar apresenta-se imóvel. A velocidade de propagação do som é v = 330 m/s. Determine a frequência do som recebido por um observador estacionário junto à trajetória do avião:

a) enquanto o avião aproxima-se do observador;
b) quando o avião afasta-se do observador.

Resolução:



a) $f_D = f \dfrac{v}{v - v_F} = 600 \cdot \dfrac{330}{330 - 300} \Rightarrow \boxed{f_D = 6{,}60 \text{ kHz}}$

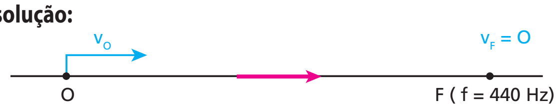
b) $f_D = f \dfrac{v}{v + v_F} = 600 \cdot \dfrac{330}{330 + 300} \Rightarrow \boxed{f_D = 314 \text{ Hz}}$

Respostas: a) 6,60 kHz; b) 314 Hz

76 (PUC-SP) Uma fonte sonora em repouso, situada no ar, emite uma nota com frequência de 440 Hz. Um observador, movendo-se sobre uma reta que passa pela fonte, escuta a nota com frequência de 880 Hz. Supondo a velocidade de propagação do som no ar igual a 340 m/s, podemos afirmar que o observador:

a) aproxima-se da fonte com velocidade de 340 m/s.
b) afasta-se da fonte com velocidade de 340 m/s.
c) aproxima-se da fonte com velocidade de 640 m/s.
d) afasta-se da fonte com velocidade de 640 m/s.
e) aproxima-se da fonte com velocidade de 880 m/s.

Resolução:

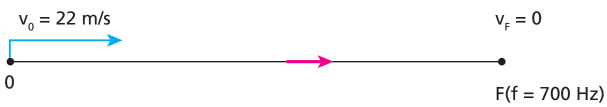


a) $f_D = f \dfrac{v + v_0}{v} \Rightarrow 880 = 440 \cdot \dfrac{340 + v_0}{340} \Rightarrow \boxed{v_0 = 340 \text{ m/s}}$

Resposta: a

77 (ITA-SP) Considere a velocidade máxima permitida nas estradas como sendo exatamente 80 km/h. A sirene de um posto rodoviário soa com uma frequência de 700 Hz, enquanto um veículo de passeio e um policial rodoviário se aproximam do posto emparelhados. O policial dispõe de um medidor de frequências sonoras. Dada a velocidade do som, de 350 m/s, ele deverá multar o motorista do carro a partir de que frequência mínima medida?

Resolução:



$f_D = f \dfrac{v \pm v_0}{v \pm v_F} = 700 \dfrac{350 + 22}{350 + 0} \Rightarrow$

$\Rightarrow \boxed{f_D = 744 \text{ Hz}}$

Resposta: 744 Hz

78 (ITA-SP) Com que velocidade deve um observador deslocar-se entre duas fontes sonoras estacionárias que emitem sons de mesma frequência, para que ele tenha a sensação de que essas frequências estão na razão 9:8? A velocidade do som no ar é de 340 m/s.

Resolução:

$f_1 = f \dfrac{v - v_0}{v} \qquad f_2 = f \dfrac{v + v_0}{v}$

$\dfrac{f_2}{f_1} = \dfrac{9}{8} \Rightarrow \dfrac{f \dfrac{v + v_0}{v}}{f \dfrac{v - v_0}{v}} = \dfrac{9}{8} \Rightarrow \dfrac{v + v_0}{v - v_0} = \dfrac{9}{8}$

$v_0 = \dfrac{v}{17} \Rightarrow v_0 = \dfrac{340}{17} \Rightarrow \boxed{v_0 = 20 \text{ m/s}}$

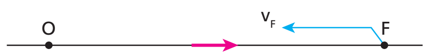
Resposta: 20 m/s

79 (PUC-SP) Uma fonte sonora está adaptada a um veículo que se desloca em trajetória retilínea e se aproxima, freando, de um observador parado. Sendo **f** a frequência do som emitido pela fonte, podemos afirmar que o som percebido pelo observador tem frequência:

a) invariável.
b) crescente e inferior a **f**.
c) crescente e superior a **f**.
d) decrescente e superior a **f**.
e) decrescente e inferior a **f**.


Pat LaCroix/Getty Images

Resolução:



$f_D = f \dfrac{v}{v - v_F}$

Observemos que f_D é **maior** que **f**, porém **decrescente**, pois v_F decresce.

Resposta: d

80 (UFPA) As qualidades fisiológicas do som são:

a) altura, intensidade e timbre.
b) altura, sonoridade e timbre.
c) intensidade, sonoridade e timbre.
d) timbre, volume e sonoridade.
e) limpidez, sonoridade e volume.

Resposta: b

81 E.R. Que nível de intensidade, em decibels, terá o som recebido por uma pessoa a 10 m de um instrumento musical que emite uma onda sonora de potência constante igual a 125,6 μW?
Dados: $\pi = 3{,}14$ e $I_{ref} = 10^{-12}$ W/m².

Resolução:
O nível relativo de intensidade de um som é dado, em decibels, por:

$$N = 10 \log \frac{I}{I_{ref}}$$

Considerando o som uma onda esférica, a intensidade **I** recebida no local citado é calculada por:

$$I = \frac{Pot}{4\pi x^2}$$

Assim, sendo Pot = 125,6 μW = $125{,}6 \cdot 10^{-6}$ W, $\pi = 3{,}14$ e x = 10 m, temos:

$$I = \frac{125{,}6 \cdot 10^{-6}}{4 \cdot 3{,}14 \cdot 10^2} \Rightarrow I = 1 \cdot 10^{-7} \text{ W/m}^2$$

Portanto:

$$N = 10 \log \frac{10^{-7}}{10^{-12}} = 10 \log 10^5 = 50$$

$$\boxed{N = 50 \text{ dB}}$$

82 A mais gigantesca onda sonora registrada na história foi o som da explosão do vulcão de Krakatoa, perto de Java, no oceano Índico. Essa onda sonora foi ouvida a 4800 km do local.

Top Photo Group/AGB Photo Library

Supondo que essa onda seja esférica, que não houve dissipação de energia em sua propagação e que a intensidade mínima necessária para ela ser ouvida seja de 10^{-12} W/m², determine a potência da explosão, em watts.

Resolução:

$$I = \frac{Pot}{4\pi x^2} \Rightarrow 10^{-12} = \frac{Pot}{4 \cdot 3{,}14 \cdot (4{,}8 \cdot 10^6)^2} \Rightarrow \boxed{Pot \simeq 290 \text{ W}}$$

Resposta: Aproximadamente 290 W

83 (UFPA) Uma fonte puntiforme produz a 50 m de distância um som cujo nível de intensidade vale 50 dB. Em watts, a potência da fonte vale:

a) $\pi \cdot 10^{-1}$.
b) $\pi \cdot 10^{-3}$.
c) $2\pi \cdot 10^{-2}$.
d) $4\pi \cdot 10^{-3}$.
e) $5\pi \cdot 10^{-2}$.

Resolução:

$$N = 10 \log \frac{I}{I_{ref}} \Rightarrow 50 = 10 \log \frac{I}{10^{-12}} \Rightarrow 5 = \log 10^{12}\, I \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 10^{12}\, I = 10^5 \Rightarrow I = 10^{-7} \text{ W/m}^2$$

$$I = \frac{Pot}{4\pi x^2} \Rightarrow 10^{-7} = \frac{Pot}{4\pi\, 50^2} \Rightarrow \boxed{Pot = \pi \cdot 10^{-3} \text{ W}}$$

Resposta: b

84 Com um decibelímetro, mede-se o nível de ruído em um ponto do cruzamento das avenidas Ipiranga e São João (São Paulo). Uma primeira amostragem, levantada às 3h, revela 60 dB, enquanto outra, obtida às 18h, acusa 100 dB. Por quanto ficou multiplicada a intensidade sonora da primeira para a segunda amostragem?

Resolução:

Às 3h: $N_1 = 10 \log \frac{I_1}{I_{ref}} \Rightarrow 60 = 10 \log \frac{I_1}{I_{ref}}$

$I_1 = 10^6\, I_{ref}$

Às 18h: $N_2 = 10 \log \frac{I_2}{I_{ref}} \Rightarrow 100 = 10 \log \frac{I_2}{I_{ref}}$

$I_2 = 10^{10}\, I_{ref}$

Portanto: $\boxed{I_2 = 10^4\, I_1}$

Resposta: 10^4

85 A orelha de um ouvinte normal recebe um som de intensidade $I_1 = 1\,000\, I_{ref}$, em que I_{ref} é uma intensidade sonora tomada como referência.
Em seguida, recebe um som de mesma frequência, mas de intensidade I_2 igual ao dobro da anterior, ou seja, $I_2 = 2I_1$.
A sensação sonora também dobrou? Justifique com cálculos.
Dado: log2 = 0,30

Resolução:

- $N_1 = 10 \log \frac{I_1}{I_{ref}} = 10 \log 10^3 \Rightarrow N_1 = 30$ dB

- $N_2 = 10 \log \frac{I_2}{I_{ref}} = 10 \log (2 \cdot 10^3)$

  $N_2 = 10 (\log 2 + \log 10^3) = 10 (0{,}30 + 3) \Rightarrow N_2 = 33$ dB

  Portanto, a sensação sonora aumentou 3 dB, passando de 30 dB para 33 dB.

Resposta: Não. A sensação sonora aumentou 3 dB

86 E.R. Considere dois sons de intensidades I_1 e I_2 e níveis sonoros N_1 e N_2, respectivamente. Determine $\Delta N = N_2 - N_1$, em decibels.

Resolução:

Temos:

$$N_1 = 10 \log \frac{I_1}{I_{ref}} \quad \text{e} \quad N_2 = 10 \log \frac{I_2}{I_{ref}}$$

Então:

$$N_2 - N_1 = 10 \log \frac{I_2}{I_{ref}} - 10 \log \frac{I_1}{I_{ref}}$$

$$N_2 - N_1 = 10 \left(\log \frac{I_2}{I_{ref}} - \log \frac{I_1}{I_{ref}} \right)$$

$$N_2 - N_1 = 10 \log \frac{\frac{I_2}{I_{ref}}}{\frac{I_1}{I_{ref}}} \Rightarrow \boxed{\Delta N = N_2 - N_1 = 10 \log \frac{I_2}{I_1}}$$

87 (PUC-MG) O nível sonoro, dado em decibéis (dB), é definido pela expressão $\beta = 10 \log \left(\frac{I}{I_0}\right)$, onde I_0 é uma intensidade-padrão de referência e **I**, a intensidade, em W/m², do som cujo nível se está calculando. Se o nível sonoro de um murmúrio, a 1 m de distância, é de $\beta_1 = 20$ dB, e o de um forte grito, à mesma distância, é de $\beta_2 = 70$ dB, a razão $\frac{I_2}{I_1}$ das intensidades dos dois sons é:

a) $\frac{7}{2}$. b) $\frac{2}{7}$. c) 10^5. d) 50. e) 10^3.

Resolução:

$$N_2 - N_1 = 10 \log \frac{I_2}{I_1} \Rightarrow \beta_2 - \beta_1 = 10 \log \frac{I_2}{I_1} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 70 - 20 = 10 \log \frac{I_2}{I_1} \Rightarrow \log \frac{I_2}{I_1} = 5$$

$$\boxed{\frac{I_2}{I_1} = 10^5}$$

Resposta: c

88 (Aman-RJ) Num estádio de futebol, o nível de intensidade sonora é normalmente de 60 dB. No momento de um gol a intensidade sonora amplia-se 1 000 vezes. Qual é, em dB, o nível de intensidade sonora no momento do gol?

Resolução:

$$N_2 - N_1 = 10 \log \frac{I_2}{I_1} \Rightarrow N_2 - 60 = 10 \log \frac{1000 / I_2}{I_1} = 10 \cdot 3$$

$$\boxed{N_2 = 90 \text{ dB}}$$

Resposta: 90 dB

89 (UCDB-MT) A orelha humana é muito sensível às variações de frequência de um som, percebendo variações da ordem de 1%. No entanto, tem sensibilidade bastante menor às variações de potência das ondas sonoras. São necessárias variações da ordem de 25% na potência para serem percebidas pela orelha. Assim, a definição do decibel significa que, para duas potências sonoras que se diferenciam de **n** decibéis, vale a relação:

$$n = 10 \log \frac{P_2}{P_1}$$

Quando n = 1 decibel, $\frac{P_2}{P_1} = 1{,}26$, ou seja, para um aumento de 1 decibel na sensação sonora é necessário um aumento de 26% na potência da onda sonora.

Se n = 10 decibéis, o aumento da potência, em porcentagem, é de:

a) 900%. b) 126%. c) 90%. d) 50%. e) 9%.

Resolução:

n = 10

$$10 = 10 \log \frac{P_2}{P_1} \Rightarrow \log \frac{P_2}{P_1} = 1 \Rightarrow \frac{P_2}{P_1} = 10$$

$$P_2 = 10P_1 = P_1 + \underbrace{9P_1}_{\text{Aumento de 900\%}}$$

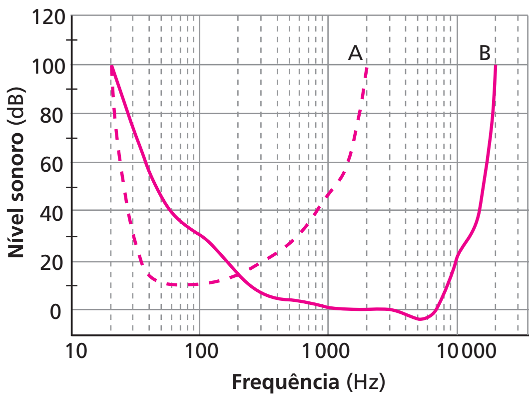
Resposta: a

90 (Unicamp-SP) É usual medirmos o nível de uma fonte sonora em decibéis (dB). O nível em dB é relacionado à intensidade **I** da fonte pela fórmula:

$$\text{Nível sonoro (dB)} = 10 \log_{10} \frac{I}{I_0}$$

em que $I_0 = 10^{-12}$ W/m² é um valor-padrão de intensidade muito próximo do limite de audibilidade humana.

Os níveis sonoros necessários para uma pessoa ouvir variam de indivíduo para indivíduo. No gráfico abaixo esses níveis estão representados em função da frequência do som para dois indivíduos, **A** e **B**. O nível sonoro acima do qual um ser humano começa a sentir dor é aproximadamente 120 dB, independentemente da frequência.



a) Que frequências o indivíduo **A** consegue ouvir melhor que o indivíduo **B**?

b) Qual a intensidade **I** mínima de um som (em W/m²) que causa dor em um ser humano?

c) Um beija-flor bate as asas 100 vezes por segundo, emitindo um ruído que atinge o ouvinte com um nível de 10 dB. Quanto a intensidade **I** desse ruído precisa ser amplificada para ser audível pelo indivíduo **B**?

Resolução:

a) Do gráfico, concluímos que o indivíduo **A** ouve melhor que **B** as frequencias compreendidas entre 20 Hz e 200 Hz, pois, nesse intervalo, os níveis sonoros necessários para a audição de **A** são menores que os necessários para a audição de **B**.

b) $120 = 10 \log \frac{I}{10^{-12}} \Rightarrow \boxed{I = 1 \text{ W/m}^2}$

c) f = 100 Hz
N = 10 dB
Do gráfico, temos que o nível sonoro precisa ser no mínimo igual a 30 dB para que **B** possa ouvir um som de 100 Hz.

$$N_2 - N_1 = 10 \log \frac{I_2}{I_1}$$

$$30 - 10 = 10 \log \frac{I_2}{I_1} \Rightarrow \boxed{I_2 = 100\, I_1}$$

Respostas: a) Entre 20 Hz e 200 Hz; b) 1 W/m²; c) Precisa ser multiplicada por 100.

91 (Cesgranrio-RJ) Quando a orelha humana é submetida prolongadamente a ruídos de nível sonoro superior a 85 dB, sofre lesões irreversíveis. Por isso, o *Ministério do Trabalho* estabelece o intervalo de tempo máximo diário que um trabalhador pode ficar exposto a sons muito intensos. Esses dados são apresentados na tabela a seguir.

Nível sonoro (dB)	**Intervalo de tempo máximo de exposição** (h)
85	8
90	4
95	2
100	1

Observe, portanto, que a cada aumento de 5 dB no nível sonoro, o intervalo de tempo máximo de exposição reduz-se à metade. Sabe-se ainda que, ao assistir a um *show* de *rock*, espectadores próximos às caixas de som ficam expostos a níveis sonoros em torno de 110 dB. De acordo com as informações acima, responda:

a) Qual deveria ser a duração máxima de um *show* de *rock* para os espectadores próximos às caixas de som?
b) De 90 dB para 105 dB, que redução percentual ocorre no intervalo de tempo máximo de exposição?
c) Sejam, respectivamente, **I** a intensidade sonora correspondente a 110 dB (nível sonoro nas proximidades das caixas de som nos *shows* de *rock*) e I_0 a intensidade sonora correspondente a 0 dB (silêncio).
Determine a razão $\frac{I}{I_0}$.

Resolução:

a) A tabela fornecida indica que, a cada aumento de 5 dB no nível sonoro, o intervalo de tempo máximo de exposição se reduz à metade. Então, para 105 dB, esse tempo cai a 0,5 h e, para 110 dB, a 0,25 h:

$$\boxed{\Delta t = 0{,}25 \text{ h} = 15 \text{ min}}$$

b) De 90 dB para 105 dB, o intervalo de tempo máximo cai de 4 h para 0,5 h, sofrendo uma redução de 3,5 h. Sendo $r_{(\%)}$ a redução percentual:

$$3{,}5 = r \; 4 \Rightarrow r = 0{,}875 \Rightarrow \boxed{r_{(\%)} = 87{,}5\%}$$

c) $N = 10 \log \frac{I}{I_0}$

$$110 = 10 \log \frac{I}{I_0} \Rightarrow \log \frac{I}{I_0} = 11 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{\frac{I}{I_0} = 10^{11}}$$

Respostas: a) 15 min; b) 87,5 %; c) 10^{11}

92 O aparelho auditivo, considerado no seu conjunto uma "caixa-preta", que detecta um sinal sonoro no ar e o transmite ao cérebro, tem como grandezas de entrada e saída:

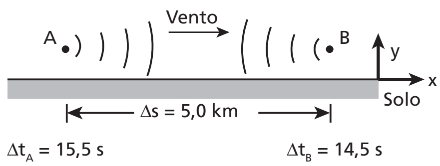
a) variação de pressão — impulsos elétricos.
b) variação de pressão — compressão e distensão de moléculas.
c) variação de velocidade de moléculas — concentração iônica nas células.
d) variação de velocidade — impulsos elétricos.
e) variação de pressão — concentração iônica nas células.

Resolução:

Resposta: a

93 (Vunesp-SP) Numa experiência para determinar a velocidade do som, dois observadores colocaram-se a uma distância de 5,0 km um do outro, munidos de um revólver e um cronômetro. O observador em **A** acionou seu cronômetro no instante em que viu o clarão do disparo de revólver de **B**, tendo registrado que o som levou 15,5 s para chegar à sua orelha. Em seguida, **A** atirou e **B** registrou o tempo de 14,5 s até ouvir o estampido. Calcule a velocidade do som e a componente da velocidade do vento ao longo da linha AB.

Resolução:



Para **B**: $v_{som} + v_{vento} = \frac{\Delta s}{\Delta t_B}$

$$v_{som} + v_{vento} = \frac{5\,000}{14{,}5} \simeq 345 \text{ m/s} \qquad \text{(I)}$$

Para **A**: $v_{som} - v_{vento} = \frac{\Delta s}{\Delta t_A}$

$$v_{som} - v_{vento} = \frac{5\,000}{15{,}5} \simeq 323 \text{ m/s} \qquad \text{(II)}$$

Resolvendo o sistema constituído pelas equações (I) e (II), vem:

$$\boxed{v_{som} = 334 \text{ m/s}} \qquad \boxed{v_{vento} = 11 \text{ m/s}}$$

Resposta: 334 m/s e 11 m/s, respectivamente

94 (UFU-MG) Um estudante de Física encontra-se a certa distância de uma parede, de onde ouve o eco de suas palmas. Desejando calcular a que distância encontra-se da parede, ele ajusta o ritmo de suas palmas até deixar de ouvir o eco, pois este chega ao mesmo tempo que ele bate as mãos. Se o ritmo das palmas é de 30 palmas por minuto e a velocidade do som é aproximadamente 330 m/s, qual sua distância à parede?

Resolução:

- Cálculo do período das palmas:
f = 30 palmas/minuto ⇒ f = 0,5 Hz

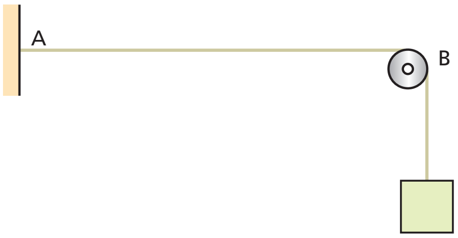
$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{0{,}5} \Rightarrow T = 2 \text{ s}$$

- Em dois segundos, o som deve propagar-se do estudante à parede e voltar a ele:

$$v = \frac{2d}{\Delta t} \Rightarrow 300 = \frac{2d}{2} \Rightarrow \boxed{d = 330\ m}$$

Resposta: 330 m

95 A figura mostra uma corda fixa pela extremidade **A** e passando por uma polia em **B**. Na outra extremidade, está suspenso um bloco de 1 000 N de peso e 0,075 m³ de volume. A densidade linear da corda é igual a 0,1 kg/m e o comprimento do trecho horizontal é de 1 m.



Tangendo a corda no ponto médio entre **A** e **B**, ela vibra no modo fundamental.

a) Calcule a frequência fundamental de vibração do trecho AB.
b) Calcule a nova frequência fundamental de vibração do trecho AB se o bloco estiver totalmente imerso em um líquido de massa específica igual a 1 000 kg/m³ (g = 10 m/s²).

Resolução:

a) $v = \sqrt{\frac{F}{\delta}} = \sqrt{\frac{1000}{0,1}} \Rightarrow v = 100\ m/s$

$\lambda = 2L = 2 \cdot 1 \Rightarrow \lambda = 2\ m$

$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{100}{2} \Rightarrow \boxed{f = 50\ Hz}$

b) $E = \mu\, V\, g = 1000 \cdot 0,075 \cdot 10 \Rightarrow E = 750\ N$

$F = P - E = 1000 - 750 \Rightarrow F = 250\ N$

$v = \sqrt{\frac{F}{\delta}} = \sqrt{\frac{250}{0,1}} \Rightarrow v = 50\ m/s$

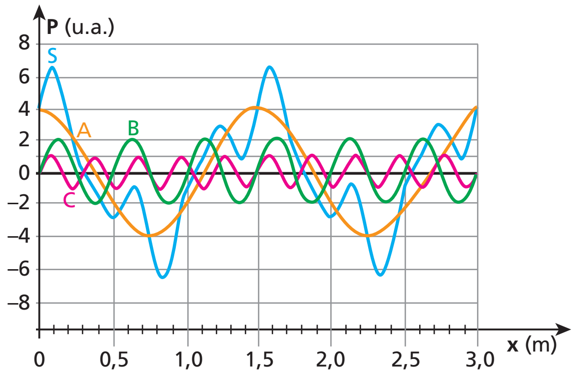
$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{50}{2} \Rightarrow \boxed{f = 25\ Hz}$

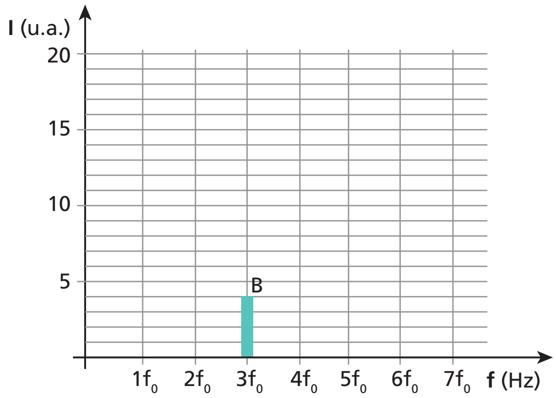
Respostas: a) 50 Hz; b) 25 Hz

96 (Fuvest-SP) O som produzido por um determinado instrumento musical, longe da fonte, pode ser representado por uma onda complexa **S**, descrita como uma sobreposição de ondas senoidais de pressão, conforme a figura. Nela, está representada a variação da pressão **P** em função da posição, em determinado instante, estando as três componentes de **S** identificadas por **A**, **B** e **C**.

a) Determine os comprimentos de onda, em metros, de cada uma das componentes **A**, **B** e **C**.
b) Determine o comprimento de onda λ_0, em metros, da onda **S**.
c) Copie o gráfico apresentado a seguir, representando as intensidades das componentes **A** e **C**. Nesse mesmo gráfico, a intensidade da componente **B** já está representada, em unidades arbitrárias.

Note e adote:
u.a. = unidade arbitrária; velocidade do som ≃ 340 m/s
A intensidade **I** de uma onda senoidal é proporcional ao quadrado da amplitude de sua onda de pressão.
A frequência f_0 corresponde à componente que tem menor frequência.





Resolução:

a) Do gráfico, temos:

	λ (m)
A	1,5
B	0,5
C	0,3

b) Do gráfico:

$\boxed{\lambda_0 = 1,5\ m}$

O comprimento de onda da onda resultante **S** é igual ao comprimento de onda da onda de menor frequência **A**, que corresponde ao som fundamental.

c) Como todas as ondas componentes propagam-se com a mesma velocidade **v** ($v = \lambda f$), o produto $\lambda \cdot f$ é igual para as três. Então, temos:

Para a onda **A**: λ_0 e f_0

Para a onda **B**: $\frac{\lambda_0}{3}$ e $3f_0$

Para a onda **C**: $\frac{\lambda_0}{5}$ e $5f_0$

No gráfico de **P** em função de **x**, obtemos as amplitudes (**A**) das três ondas componentes:

$A_A = 4$ u.a.
$A_B = 2$ u.a.
$A_C = 1$ u.a.

No gráfico de **I** em função de **f**, lemos:

$I_B = 4$ u.a.

O enunciado informa que $I = k\, A^2$, em que **k** é uma constante de proporcionalidade.

Então:

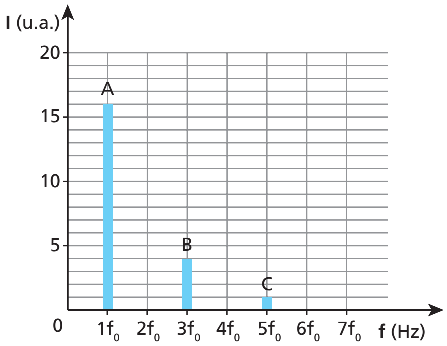
$I_A = k\, A_A^2 = k\ \ 4^2 = 16\,k$
$I_B = k\, A_B^2 = k\ \ 2^2 = 4\,k = 4$ u.a.
$I_C = k\, A_C^2 = k\ \ 1^2 = 1\,k$

Portanto:

$I_A = 4I_B \Rightarrow I_A = 16$ u.a.

$I_C = \frac{1}{4} I_B \Rightarrow I_C = 1$ u.a.

Representando as intensidades no gráfico, temos:

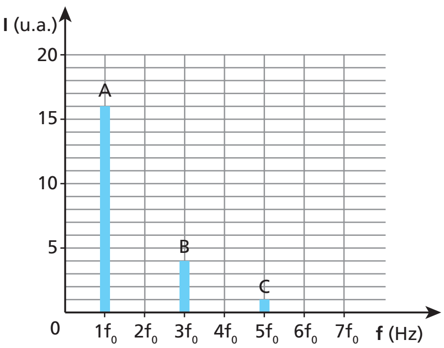


Respostas: a)

	λ (m)
A	1,5
B	0,5
C	0,3

; b) $\lambda_0 = 1,5$ m

c)



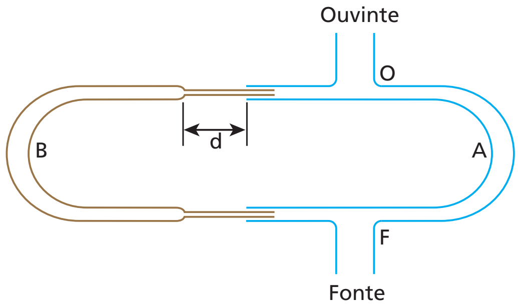
97 (PUC-SP) Dois diapasões vibram com frequências $f_1 = 32\,000$ Hz e $f_2 = 30\,000$ Hz. Se os dois diapasões forem colocados próximos um do outro, um ouvinte:

a) ouvirá um som de frequência 2 000 Hz.
b) não ouvirá som algum.
c) ouvirá apenas o som de frequência 32 000 Hz.
d) ouvirá apenas o som de frequência 30 000 Hz.
e) ouvirá um som de frequência 31 000 Hz.

Resolução:
A onda resultante da superposição dos dois ultrassons (32 000 Hz e 30 000 Hz) é ultra-som de frequência igual a 31 000 Hz, que, como sabemos, não é audível. Entretanto, ocorrem batimentos com frequência igual a 2 000 Hz. Esses batimentos não são percebidos individualmente, mas são ouvidos como um som de frequência igual a 2 000 Hz.

Resposta: a

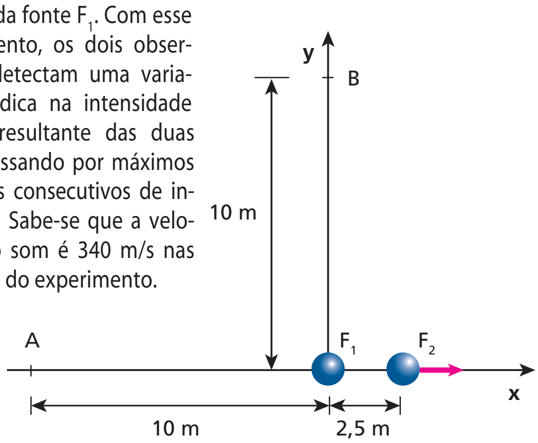
98 (Fatec-SP) O esquema abaixo representa um trombone de Quincke. A fonte é um diapasão próximo a **F**. O ouvinte constata intensidade mínima para $d_1 = 5$ cm e novamente para $d_2 = 15$ cm. Qual o comprimento de onda do som dentro do tubo?



Resolução:
Para d = 0: OBF – OAF = x
Para $d_1 = 5$ cm: OBF – OAF = $x + 10 = i\frac{\lambda}{2}$ (I)
Para $d_2 = 15$ cm:
OBF – OAF = $x + 30 = (i + 2)\frac{\lambda}{2}$ (II)
(**i** e **i + 2** são números ímpares consecutivos)
Fazendo (II) – (I), vem: $\boxed{\lambda = 20 \text{ cm}}$

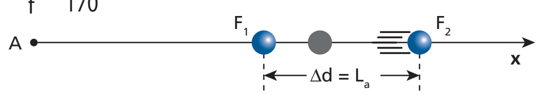
Resposta: 20 cm

99 (Fuvest-SP) Duas fontes sonoras F_1 e F_2 estão inicialmente separadas de 2,5 m. Dois observadores **A** e **B** estão distantes 10 m da fonte F_1, sendo que o observador **A** está no eixo **x** e o observador **B**, no eixo **y**, conforme indica a figura. As duas fontes estão em fase e emitem som numa frequência fixa f = 170 Hz. Num dado instante, a fonte F_2 começa a se deslocar lentamente ao longo do eixo **x**, afastando-se da fonte F_1. Com esse deslocamento, os dois observadores detectam uma variação periódica na intensidade do som resultante das duas fontes, passando por máximos e mínimos consecutivos de intensidade. Sabe-se que a velocidade do som é 340 m/s nas condições do experimento.



Levando em conta a posição inicial das fontes, determine:
a) a separação L_a entre as fontes para a qual o observador **A** detecta o primeiro mínimo de intensidade;
b) a separação L_b entre as fontes para a qual o observador **B** detecta o primeiro máximo de intensidade.

Resolução:
a) v = 340 m/s f = 170 Hz
$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{340}{170} \Rightarrow \lambda = 2,0$ m



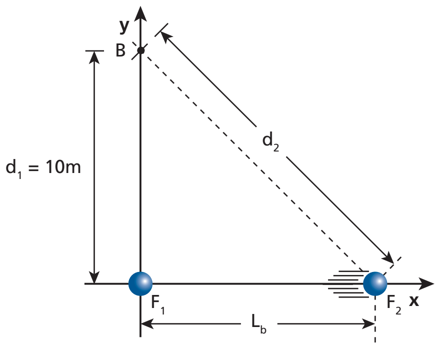
$\Delta d = N \frac{\lambda}{2}$ (N = 1, 3, 5, ...)

$L_a = N \; \frac{2,0}{2} = N \;\; 1,0 \text{ m}$

Como L_a é maior que 2,5 m e, além disso, deve ser mínima, vamos fazer N = 3:

$\boxed{L_a = 3,0 \text{ m}}$

b)



$\Delta d = N \frac{\lambda}{2}$ (N = 0, 2, 4, ...)

$d_2 - 10 = N \; \frac{2,0}{2} \Rightarrow d_2 - 10 = N \;\; 1,0$

Como d_2 é maior que 10 m e, além disso, deve ser mínima, vamos fazer N = 2:

$d_2 - 10 = 2,0 \Rightarrow d_2 = 12 \text{ m}$

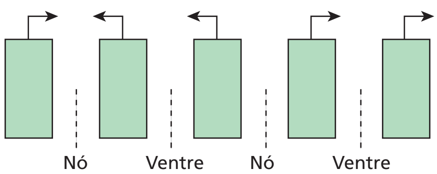
$d_2^2 = d_1^2 + L_b^2 \Rightarrow 12^2 = 10^2 + L_b^2 \Rightarrow \boxed{L_b = 6,6 \text{ m}}$

Respostas: a) 3,0 m, b) 6,6 m

100 A respeito das ondas estacionárias sonoras produzidas no ar, podemos afirmar que:

a) num nó de deslocamento, a pressão é constante.
b) num nó de deslocamento, a pressão varia.
c) num ventre de deslocamento, a pressão varia.
d) a pressão é constante tanto nos ventres como nos nós de deslocamento.

Resolução:
As ondas estacionárias sonoras podem ser representadas pelo esquema seguinte, em que cada retângulo é uma porção de ar movendo-se no sentido indicado:



Em um nó de deslocamento, a pressão varia (aumenta e diminui).
Em um ventre de deslocamento, a pressão é constante.

Resposta: b

101 Uma fonte sonora emitindo um som puro (única frequência) de frequência igual a 440 Hz foi colocada sucessivamente junto à extremidade aberta de cinco tubos cilíndricos **A**, **B**, **C**, **D** e **E**, fechados na outra extremidade, de comprimentos respectivamente iguais a 6,25 cm, 15,00 cm, 18,75 cm, 37,50 cm e 93,75 cm. Sabendo que a velocidade de propagação do som no ar existente dentro dos tubos é igual a 330 m/s, determine que tubo(s) entrou(entraram) em ressonância com a fonte.

Resolução:
As frequências de ressonância de um tubo fechado são dadas por $f = \frac{N\,v}{4L}$, sendo **N** um número **ímpar**.

Temos:

$L = N \frac{v}{4f} = N \frac{33\,000 \text{ cm/s}}{4 \cdot 440 \text{ Hz}}$

$L = N \;\; 18,75 \text{ cm}$

Fazendo:

$N = 1 : L = 18,75 \text{ cm} \Rightarrow$ Tubo **C**;
$N = 3 : L = 56,25 \text{ cm} \Rightarrow$ Nenhum dos tubos;
$N = 5 : L = 93,75 \text{ cm} \Rightarrow$ Tubo **E**.

Respostas: C e D

102 (ITA-SP) Um tubo sonoro aberto em uma das extremidades e fechado na outra apresenta uma frequência fundamental de 200 Hz. Sabendo que o intervalo de frequências audíveis é aproximadamente de 20,0 a 16 000 Hz, qual o número de frequências audíveis que esse tubo pode emitir?

Resolução:
Sendo n = 1, 2, 3, ... e lembrando que os tubos fechados só emitem harmônicos de ordem ímpar, temos:

$20,0 \leqslant \overbrace{(2n-1)}^{\text{Número ímpar}} \;\; 200 \leqslant 16\,000$

$(\div\, 200):\; 0,1 \leqslant 2n - 1 \leqslant 80$

$(+1):\; 1,1 \leqslant 2n \leqslant 81$

$(\div\, 2):\; 0,55 \leqslant n \leqslant 40,5$

Então, **n** pode assumir 40 valores distintos.

Resposta: 40

103 (IME-RJ) Há dez batimentos por segundo entre o segundo harmônico de um tubo aberto de órgão, de 8,5 m de comprimento, e o terceiro harmônico de outro tubo, fechado. Dos dois sons, o mais grave é o primeiro. Determine o comprimento do tubo fechado, sabendo que a velocidade do som no ar é 340 m/s.

Resolução:

- No tubo aberto (segundo harmônico):

  $f_a = \frac{2v}{2L_a} = \frac{340}{8,5} \Rightarrow f_a = 40 \text{ Hz}$

- No tubo fechado (terceiro harmônico):

  $f_f = \frac{3v}{4L_f} = \frac{3 \cdot 340}{4L_f} \Rightarrow f_f = \frac{255}{L_f} \text{ Hz}$

- $f_{bat} = f_f - f_a$

  $10 = \frac{255}{L_f} - 40 \Rightarrow \boxed{L_f = 5,1 \text{ m}}$

Resposta: 5,1 m

104 (Unicamp-SP) Em um forno de micro-ondas, as moléculas de água contidas nos alimentos interagem com as micro-ondas que as fazem oscilar com uma frequência de 2,40 GHz ($2{,}40 \cdot 10^9$ Hz). Ao oscilar, as moléculas colidem inelasticamente entre si transformando energia radiante em calor. Considere um forno de micro-ondas de 1000 W que transforma 50% da energia elétrica em calor. Considere a velocidade da luz $c = 3{,}0 \cdot 10^8$ m/s.

a) Determine o comprimento de onda das micro-ondas.

b) Considere que o forno é uma cavidade ressonante, na qual a intensidade das micro-ondas é nula nas paredes. Determine a distância entre as paredes do forno, na faixa entre 25 cm e 40 cm, para que a intensidade da radiação seja máxima exatamente em seu centro.

c) Determine o tempo necessário para aquecer meio litro de água de 20 °C para 40 °C. O calor específico da água é 4 000 J/kg °C.

Nota:

- O motivo do aquecimento não é a colisão inelástica entre as moléculas de água, mas sim a ressonância dessas moléculas com as micro-ondas nelas incidentes.

Resolução:

a) $c = \lambda f \Rightarrow \lambda = \dfrac{c}{f} = \dfrac{3{,}0 \cdot 10^8}{2{,}40 \cdot 10^9}$

$\boxed{\lambda = 12{,}5 \text{ cm}}$

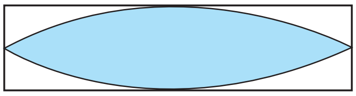
b) A onda estacionária deve apresentar nós junto às paredes e um ventre no centro. É fácil perceber que, para que isso ocorra, a distância **D** entre as paredes precisa ser um número ímpar **i** de $\dfrac{\lambda}{2}$:

$D = i\ \dfrac{\lambda}{2} = i\ \dfrac{12{,}5}{2} \Rightarrow D = i\ 6{,}25 \text{ cm}$

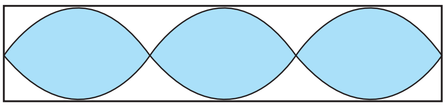
Além disso, **D** tem de estar **entre 25 cm e 40 cm**.

Fazendo:

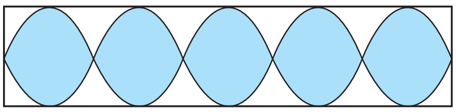
$i = 1 \Rightarrow D = 6{,}25$ cm (não serve)



$i = 3 \Rightarrow D = 18{,}75$ cm (não serve)



$i = 5 \Rightarrow \boxed{D = 31{,}25 \text{ cm}}$ (RESPOSTA)



$i = 7 \Rightarrow D = 43{,}75$ cm (não serve)

c) $Pot_{útil} = 500$ W $m = 0{,}5$ kg $\Delta\theta = 20$ °C

$Pot_{útil} = \dfrac{Q}{\Delta t}$

$\Delta t = \dfrac{Q}{Pot_{útil}} = \dfrac{m\,c\,\Delta\theta}{Pot_{útil}} = \dfrac{0{,}5 \cdot 4\,000 \cdot 20}{500}$

$\boxed{\Delta t = 80 \text{ s}}$

Respostas: a) 12,5 cm; b) 31,25 cm; c) 80 s

105 (IME-RJ) Ao encher-se um recipiente com água, o som produzido fica mais agudo com o passar do tempo.

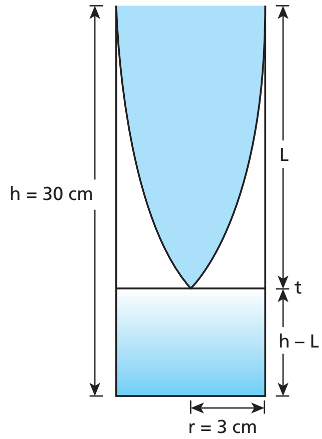
a) Explique por que isso ocorre.

b) Determine uma expressão para a frequência fundamental do som em função do tempo, para o caso de um recipiente cilíndrico com 6 cm de diâmetro e 30 cm de altura, sabendo que a vazão do líquido é de 30 cm³/s. Suponha que a velocidade do som no ar no interior do recipiente seja 340 m/s.

Resolução:

a) À medida que o nível da água sobe, o comprimento **L** da coluna de ar diminui. Com isso, as frequências de ressonância dessa coluna, dadas por $f = \dfrac{N\,v}{4\,L}$, aumentam.

b)



$V = 30$ cm³/s (vazão em volume)

Sejam:

$A = \pi\, r^2$: área da seção transversal do recipiente.

v_a: velocidade com que sobe o nível da água.

$t = 0$: instante em que a água começa a ser despejada.

t : instante qualquer.

Temos, no instante **t**:

$V = A\, v_a \Rightarrow V = \pi\, r^2\, \dfrac{h - L}{t} \Rightarrow L = h - \dfrac{Vt}{\pi r^2}$

Como $f = \dfrac{v}{4L}$:

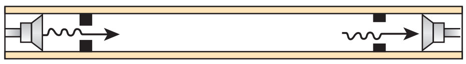
$$f = \dfrac{v}{4\left(h - \dfrac{Vt}{\pi r^2}\right)} = \dfrac{340 \cdot 10^2 \text{ cm/s}}{4\left(30 \text{ cm} - \dfrac{30t}{\pi\ 9} \text{ cm}\right)}$$

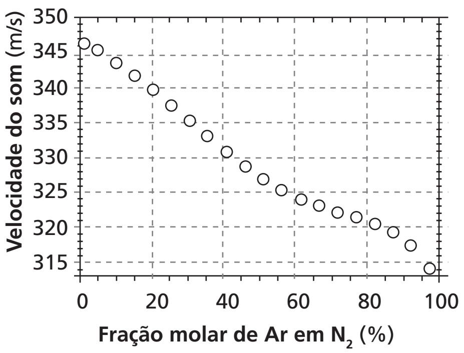
$$f = \dfrac{340 \cdot 10^2}{40\left(3 - \dfrac{t}{3\pi}\right)} \Rightarrow \boxed{f = \dfrac{850}{3 - \dfrac{t}{3\pi}} \text{ Hz}} \quad (0 \leqslant t < 9\pi \text{ s})$$

Respostas: a) As frequências de ressonância da coluna de ar são inversamente proporcionais ao seu comprimento.

b) $f = \dfrac{850}{3 - \dfrac{t}{3\pi}}$ Hz $(0 \leqslant t < 9\pi \text{ s})$

106 (Unicamp-SP) Uma das formas de se controlar misturas de gases de maneira rápida, sem precisar retirar amostras, é medir a variação da velocidade do som no interior desses gases. Uma onda sonora com frequência de 800 kHz é enviada de um emissor a um receptor (vide esquema a seguir), sendo então medida eletronicamente sua velocidade de propagação em uma mistura gasosa. O gráfico a seguir apresenta a velocidade do som para uma mistura de argônio e nitrogênio em função da fração molar de Ar em N_2.





a) Qual o comprimento de onda da onda sonora no N_2 puro?
b) Qual o tempo para a onda sonora atravessar um tubo de 10 cm de comprimento contendo uma mistura com uma fração molar de Ar de 60%?

Resolução:

a) $f = 800 \text{ k Hz} = 800 \cdot 10^3 \text{ Hz}$

- N_2 puro $\Rightarrow$ fração molar de Ar em N_2 igual a zero.
- Do gráfico: $v \simeq 346{,}5$ m/s

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{346{,}5}{800 \cdot 10^3} \Rightarrow \boxed{\lambda \simeq 4{,}3 \cdot 10^{-4} \text{ m}}$$

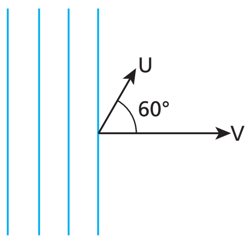
b) Do gráfico: fração molar de Ar em N_2 = 60% $\Rightarrow$ $v \simeq 324$ m/s

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{\Delta s}{v} = \frac{10 \cdot 10^{-2}}{324} \Rightarrow \boxed{\Delta t \simeq 3{,}1 \cdot 10^{-4} \text{ s}}$$

Respostas: a) $4{,}3 \cdot 10^{-4}$ m; b) $3{,}1 \cdot 10^{-4}$ s

107 (Fuvest-SP) Uma onda sonora considerada plana, proveniente de uma sirene em repouso, propaga-se no ar parado, na direção horizontal, com velocidade **V** igual a 330 m/s e comprimento de onda igual a 16,5 cm. Na região em que a onda está se propagando, um atleta corre, em uma pista horizontal, com velocidade **U** igual a 6,60 m/s, formando um ângulo de 60° com a direção de propagação da onda. O som que o atleta ouve tem frequência aproximada de:

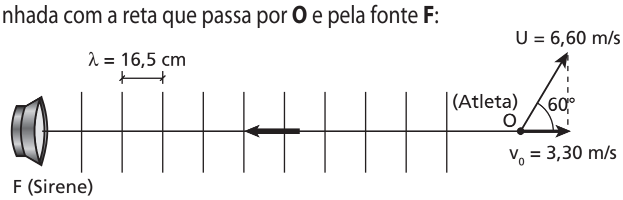
a) 1 960 Hz.
b) 1 980 Hz.
c) 2 000 Hz.
d) 2 020 Hz.
e) 2 040 Hz.



Frentes de onda

Resolução:

Só deve ser usada a componente da velocidade do observador **O** alinhada com a reta que passa por **O** e pela fonte **F**:



$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{330}{0{,}165} \Rightarrow f = 2\,000 \text{ Hz}$$

$$f_D = f\,\frac{v - v_0}{v} = 2\,000 \cdot \frac{330 - 3{,}30}{330} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{f_D = 1\,980 \text{ Hz}}$$

Resposta: b

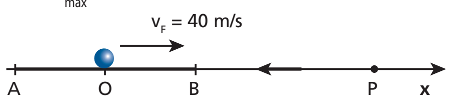
108 Uma fonte sonora com frequência de 600 Hz executa, no ar, um movimento harmônico simples entre os pontos **A** e **B** do eixo Ox, segundo a função horária $x = 0{,}8 \cos 50t$ (SI).

Sendo de 340 m/s a velocidade do som no ar, determine a máxima frequência sonora percebida por um observador estacionário em **P**.

Resolução:

A máxima frequência percebida pelo observador acontece quando a fonte se aproxima dele com máxima velocidade ($v_{máx} = \omega A$).
No movimento da fonte, temos:

$$\left.\begin{array}{l} A = 0{,}8 \text{ m} \\ \omega = 50 \text{ rad/s} \end{array}\right\} \Rightarrow \begin{array}{l} v_{máx} = \omega A = 50 \cdot 0{,}8 \\ v_{máx} = 40 \text{ m/s} \end{array}$$



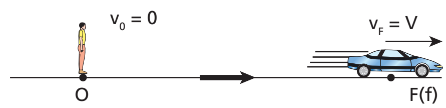
$$f_D = f\,\frac{v \pm v_o}{v \pm v_F} = 600\,\frac{340}{340 - 40} \Rightarrow \boxed{f_D = 680 \text{ Hz}}$$

Resposta: 680 Hz

109 (IME-RJ) Um observador escuta a buzina de um carro em duas situações diferentes. Na primeira, o observador está parado e o carro se afasta com velocidade **V**; na segunda, o carro está parado e o observador se afasta com velocidade **V**. Em qual das duas situações o tom ouvido pelo observador é mais grave? Justifique sua resposta.

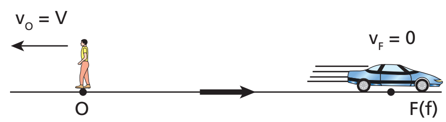
Resolução:

1ª)



$$f_D = f\,\frac{v \pm v_o}{v \pm v_F} \Rightarrow f_{D_1} = \frac{f\,v}{v + V} \quad \text{(I)}$$

2ª)



$$f_D = f\,\frac{v \pm v_O}{v \pm v_F} \Rightarrow f_{D_2} = \frac{f\,(v - V)}{v} \quad \text{(II)}$$

Dividindo a expressão (I) pela expressão (II), membro a membro, obtemos:

Maior que 1

$$\frac{f_{D_1}}{f_{D_2}} = \frac{f\,v}{v+V} \cdot \frac{v}{f\,(v-V)} = \frac{v^2}{v^2 - V^2}$$

Então:

$$\frac{f_{D_1}}{f_{D_2}} > 1 \Rightarrow \boxed{f_{D_2} < f_{D_1}}$$

Resposta: Na segunda situação.

110 (ITA-SP) Uma banda de *rock* irradia certa potência em um nível de intensidade sonora igual a 70 decibéis. Para elevar esse nível a 120 decibéis, a potência irradiada deverá ser elevada de:

a) 71%.
b) 171%.
c) 7 100%.
d) 9 999 900%.
e) 10 000 000%.

Resolução:

$$\Delta N = N_2 - N_1 = 10 \log \frac{I_2}{I_1}$$

Para uma distância fixa da banda, a intensidade sonora **I** é proporcional à potência irradiada **P**.

Então:

$$N_2 - N_1 = 10 \log \frac{P_2}{P_1}$$

$$120 - 70 = 10 \log \frac{P_2}{P_1} \Rightarrow 50 = 10 \log \frac{P_2}{P_1}$$

$$\frac{P_2}{P_1} = 10^5 \Rightarrow P_2 = 10^5\,P_1$$

$$\Delta P = P_2 - P_1 = 10^5\,P_1 - P_1 = 99999\,P_1$$

$$\boxed{\Delta P_{(\%)} = 9999900\,P_1}$$

Resposta: d

111 (ITA-SP) Um pelotão desfila num ritmo de 120 passos por minuto, ao som de uma fanfarra, que o precede; nota-se que a última fila está com o pé esquerdo à frente quando os componentes da fanfarra estão com o direito à frente. Sabendo-se que a velocidade do som no ar é de 340 m/s, o comprimento do pelotão, incluindo a fanfarra, é de aproximadamente:

a) 170 m.
b) 680 m.
c) 85 m.
d) 200 m.
e) 490 m.

Resolução:

São dados dois passos por segundo. Então, um passo dura 0,5 s. Entre a fanfarra e a última fila, há uma defasagem na marcha de pelo menos um passo. Isso significa que o som da fanfarra demora pelo menos 0,5 s para chegar à última fila.

$$\Delta s = v\,\Delta t \Rightarrow \Delta s = 340 \cdot 0{,}5 \Rightarrow \boxed{\Delta s = 170\text{ m}}$$

Resposta: a

112 Uma corda de um instrumento musical, de 50 cm de comprimento e densidade linear igual a 2,50 g/m, vibra no modo fundamental com frequência igual a 260 Hz. Perto dela, um tubo aberto ressoa também no modo fundamental e são percebidos batimentos com frequência igual a 4 Hz.

Observou-se que uma ligeira diminuição da intensidade da força tensora na corda acarretou um aumento da frequência dos batimentos. Considerando a velocidade do som no ar igual a 330 m/s, determine:

a) a frequência fundamental f_T do tubo aberto;
b) o comprimento **L** do tubo;
c) a intensidade **F** da força tensora na corda quando foram observados os batimentos de 4 Hz.

Resolução:

a) Para os batimentos terem frequência igual a 4 Hz, a frequência fundamental do tubo aberto pode ser 264 Hz (260 Hz + 4 Hz) ou 256 Hz (260 Hz – 4 Hz).
Entretanto, como a diminuição da intensidade da força tensora na corda reduz sua frequência de vibração, e isso acarretou um aumento da frequência de batimentos, concluímos que:

$$\boxed{f_T = 264\text{ Hz}}$$

b) $f_T = \frac{v_{som}}{2L} \Rightarrow 264 = \frac{330}{2L} \Rightarrow \boxed{L = 62{,}5\text{ cm}}$

c) Na corda, temos:

$$f = \frac{v}{2L} \Rightarrow v = 2L\,f = 2 \cdot 0{,}50 \cdot 260 \Rightarrow v = 260\text{ m/s}$$

$$v = \sqrt{\frac{F}{\delta}} \Rightarrow F = \delta\,v^2 = 2{,}50 \cdot 10^{-3} \cdot 260^2 \Rightarrow \boxed{F = 169\text{ N}}$$

Respostas: a) 264 Hz; b) 62,5 cm; c) 169 N

113 Dois harmônicos consecutivos de um tubo sonoro têm frequências iguais a 425 Hz e 595 Hz. Determine a ordem desses harmônicos e a frequência fundamental do tubo.

Resolução:

Suponhamos que o tubo seja aberto:

$$f = \frac{N\,v}{2L} \begin{cases} 595 = \frac{(N+1)\,v}{2L} \\ 425 = \frac{N\,v}{2L} \end{cases} (\div) \Rightarrow \frac{N+1}{N} = \frac{595}{425} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow N = 2{,}5$$

Como **N** não é inteiro, o tubo não é um tubo aberto, mas fechado:

$$f = \frac{N\,v}{4L} \begin{cases} 595 = \frac{(N+2)\,v}{4L} \\ 425 = \frac{N\,v}{4L} \end{cases} (\div) \Rightarrow \frac{N+2}{N} = \frac{595}{425} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow N = 5 \text{ e } N + 2 = 7$$

Portanto, as frequências 425 Hz e 595 Hz correspondem ao 5º e ao 7º harmônico respectivamente.

Frequência fundamental:

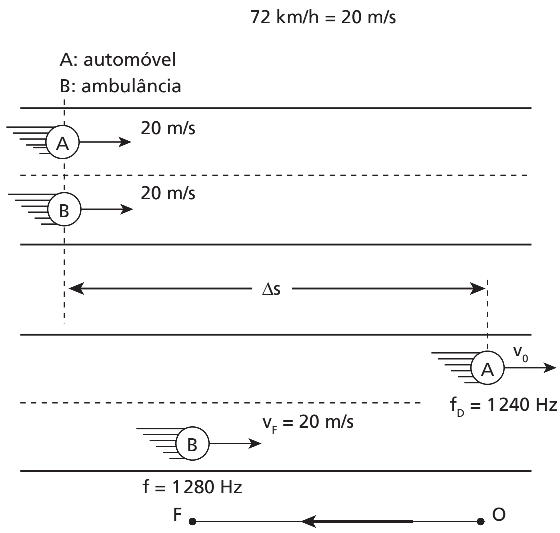
$$f_5 = 5f_1 \Rightarrow 425 = 5f_1$$

$$\boxed{f_1 = 85\text{ Hz}}$$

Respostas: 5º harmônico; 7º harmônico;
Frequência fundamental: 85 Hz

114 Um automóvel e uma ambulância movem-se numa estrada, lado a lado, no mesmo sentido, com velocidades constantes e iguais a 72 km/h. A sirene da ambulância emite um som de frequência igual a 1 280 Hz. A partir de certo instante, o motorista do automóvel imprime à sua viatura a aceleração de 1 m/s² no sentido do movimento. Sabendo que a velocidade de propagação do som no ar é de 340 m/s, determine o espaço percorrido pelo automóvel até seu motorista ouvir um som de frequência igual a 1 240 Hz. Admita que o ar esteja parado em relação à Terra, à qual são referidas as velocidades mencionadas.

Resolução:



$$f_D = f\frac{v \pm v_o}{v \pm v_F} \Rightarrow 1\,240 = 1\,280\,\frac{340 - v_o}{340 - 20} \Rightarrow v_o = 30\ \text{m/s}$$

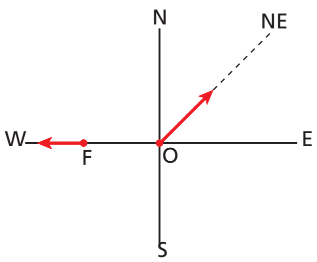
Aplicando a Equação de Torricelli ao movimento do automóvel, obtemos:

$$v^2_{final} = v^2_{inicial} + 2\,\alpha\,\Delta s$$

$$30^2 = 20^2 + 2 \cdot 1\ \ \Delta s \Rightarrow \boxed{\Delta s = 250\ \text{m}}$$

Resposta: 250 m

115 Uma fonte sonora **F**, emitindo um som de frequência igual a 500 Hz, desloca-se para Oeste, com velocidade $v_F = 20$ m/s. Um observador **O** desloca-se para Nordeste com velocidade $V_O = 20\sqrt{2}$ m/s (ver figura).

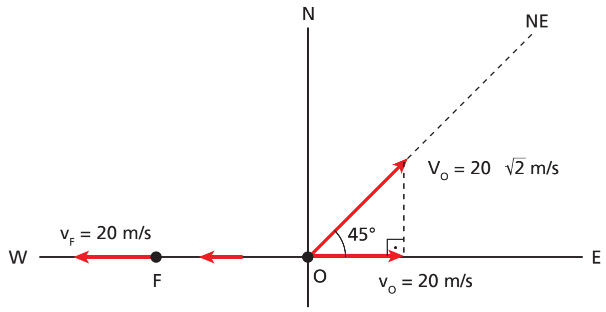


O vento sopra de Oeste para Leste, com velocidade $v_v = 40$ m/s.

Sabendo-se que, na ausência de vento, a velocidade do som no ar é $v_s = 340$ m/s e que todas as velocidades citadas são relativas ao solo, calcule a frequência do som ouvido pelo observador.

Resolução:

O som que atinge o observador propaga-se em relação ao solo com velocidade $v = v_s + v_v = 340 + 40 \Rightarrow v = 380$ m/s.



- $f_D = f\dfrac{v - v_o}{v + v_F} = 500 \cdot \dfrac{380 - 20}{380 + 20} \Rightarrow \boxed{f_D = 450\ \text{Hz}}$

Resposta: 450 Hz

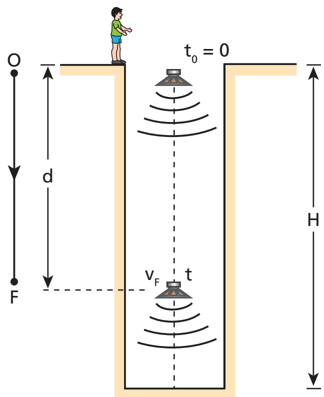
116 No instante $t_0 = 0$, um garoto abandona uma pequena fonte sonora, que emite um som de frequência igual a 720 Hz, na boca de um poço cilíndrico vertical de profundidade **H**. Essa fonte despenca, atingindo o fundo do poço no instante **T**.

No local, o módulo da velocidade de propagação do som no ar é de 320 m/s. Admitindo-se que no instante em que o garoto vê o impacto da fonte sonora no fundo do poço ele ouça o som dessa fonte com frequência igual a 640 Hz, determine, desprezando a resistência do ar e considerando g = 10 m/s²:

a) o valor de **T**;
b) o valor de **H**.

Resolução:

a)



- Quando o garoto vê o impacto da fonte sonora no fundo do poço, ele **não** está recebendo o som que ela emite nesse momento. Esse som vai demorar algum tempo até chegar ao garoto. Assim, no instante do impacto, o garoto está recebendo o som que a fonte emitiu em algum instante **t** anterior ao impacto, quando ela estava a uma distância **d** da boca do poço.

  Vamos calcular a velocidade da fonte no instante em que ela emitiu o som ouvido pelo garoto com frequência igual a 640 Hz:

$$f_D = f\frac{v \pm v_o}{v \pm v_F}\left(\begin{matrix}\text{efeito}\\ \text{Doppler}\end{matrix}\right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 640 = 720 \cdot \frac{320}{320 + v_F} \Rightarrow v_F = 40\ \text{m/s}$$

• Cálculo de **d** e **t**:

$v_F^2 = v_{0_F}^2 + 2g\,d \Rightarrow 40^2 = 0^2 + 2 \cdot 10\ d \Rightarrow d = 80\text{ m}$

$v_F = V_{0_F} + g\,t \Rightarrow 40 = 0 + 10t \Rightarrow t = 4{,}0\text{ s}$

Portanto, o som que o garoto ouviu foi **emitido** pela fonte 4,0 s depois que ela foi abandonada.

• Para chegar até ele, esse som teve de percorrer a distância **d** durante um intervalo de tempo Δt, em movimento uniforme com velocidade igual a 320 m/s.

$v = \dfrac{d}{\Delta t} \Rightarrow 320 = \dfrac{80}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = 0{,}25\text{ s:}$

Então, o garoto recebeu o som emitido à distância **d** no instante T = 4,25 s, que é o mesmo instante em que ele viu o impacto da fonte com o fundo do poço.

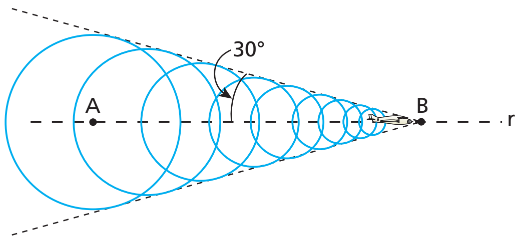
Portanto: $\boxed{T = 4{,}25\text{ s}}$

b) $\Delta s = v_{0_F}\,t + \dfrac{gt^2}{2} \Rightarrow H = \dfrac{gT^2}{2} = \dfrac{10 \cdot 4{,}25^2}{2}$

$\boxed{H \simeq 90{,}3\text{ m}}$

Respostas: a) 4,25 s; b) 90,3

117 A figura representa frentes de onda esféricas emitidas por um avião que se movimenta horizontalmente para a direita, ao longo da reta **r**, com velocidade constante:



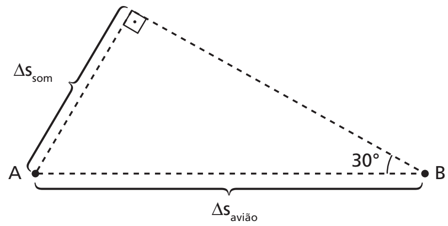
Considere a a velocidade de propagação do som no ar igual a 340 m/s e $\sqrt{3}$ = 1,7.

a) Calcule a velocidade do avião.

b) Num determinado instante, o avião está na mesma vertical que passa por um observador parado no solo. Sabendo-se que 3,0 s após esse instante o observador ouve o estrondo sonoro causado pela onda de choque gerada pelo avião, calcule a altura do avião em relação a esse observador.

Resolução:

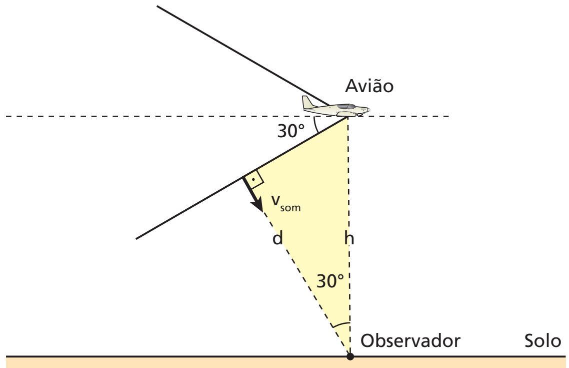
a)



$\text{sen } 30° = \dfrac{\Delta s_{som}}{\Delta s_{avião}} = \dfrac{v_{som}\,\Delta t}{v_{avião}\,\Delta t} = \dfrac{v_{som}}{v_{avião}}$

$\dfrac{1}{2} = \dfrac{340}{v_{avião}} \Rightarrow \boxed{v_{avião} = 680\text{ m/s}}$

b)



$\cos 30° = \dfrac{d}{h} \Rightarrow \dfrac{\sqrt{3}}{2} = \dfrac{d}{h}$

$h = \dfrac{2\,d}{\sqrt{3}} = \dfrac{2\,v_{som}\,\Delta t}{\sqrt{3}}$

$h = \dfrac{2 \cdot 340 \cdot 3{,}0}{1{,}7}$

$\boxed{h = 1\,200\text{ m}}$

Respostas: a) 680 m/s; b) 1 200 m